

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-284722

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

(21)Application number : 2000-091802

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 29.03.2000

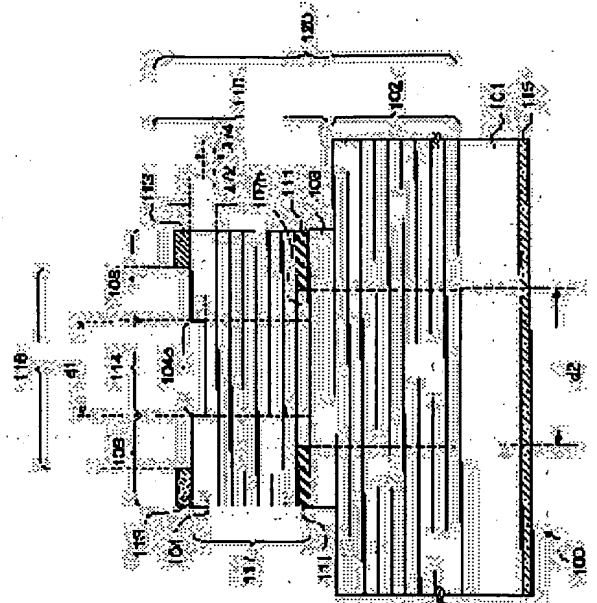
(72)Inventor : KONDO TAKAYUKI

(54) SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface-emitting semiconductor laser that oscillates in a single horizontal mode, and can obtain a high-output laser beam, and its manufacturing method.

SOLUTION: A surface-emitting semiconductor laser 100 includes a resonator 120. The resonator 120 is formed by laminating a lower mirror 102, an active layer 103, and an upper mirror 117. The upper mirror 117 includes first and second mirror parts 114 and 108. In a reflection factor adjustment layer 104, a part that is included in the first mirror 114 has film thickness for meeting Bragg reflection conditions, a part that is included in the second mirror 108 has film thickness for meeting anti-Bragg reflection conditions, and the reflection factor of the first mirror 114 is larger than that of the second mirror 108.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the field luminescence mold semiconductor laser to which a resonator is perpendicularly formed on a semi-conductor substrate, and carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction vertical to this semi-conductor substrate from this resonator. The thin film deposition object of the shape of a column which contains said some of resonators at least is included. Said resonator The laminating of a lower mirror, a barrier layer, and the up mirror is carried out, and they are formed. Said up mirror The 1st mirror section formed in the center section of the thin film deposition object of the shape of said column, the 2nd mirror section formed in the periphery of this 1st mirror section, and a reflection factor adjustment layer are included. Said reflection factor adjustment layer It has the thickness with which the part contained in said 1st mirror section fills Bragg reflection conditions, and has the thickness with which the part contained in said 2nd mirror section fills anti-Bragg reflection conditions, and said 1st mirror section is field luminescence mold semiconductor laser with a larger reflection factor than said 2nd mirror section.

[Claim 2] Field luminescence mold semiconductor laser in which said thin film deposition object contains a semi-conductor layer at least in claim 1.

[Claim 3] Field luminescence mold semiconductor laser with which a crevice is formed in the top face of said reflection factor adjustment layer, and the thickness of said reflection factor adjustment layer in this crevice fills Bragg reflection conditions in claims 1 or 2.

[Claim 4] It is the field luminescence mold semiconductor laser which continues applying said reflection factor adjustment layer to said 2nd mirror section from said 1st mirror section in either of claims 1-3.

[Claim 5] It is the field luminescence mold semiconductor laser whose part contained in said 2nd mirror section it is about 1 of wavelength of standing wave by which part by which said reflection factor adjustment layer is contained in said 1st mirror section in either of claims 1-4 is formed in said resonator/4, and is about 1 of wavelength of standing wave formed in said resonator/2.

[Claim 6] It is the field luminescence mold semiconductor laser by which said reflection factor adjustment layer is formed in the maximum upper layer of said up mirror in either of claims 1-5.

[Claim 7] It is the field luminescence mold semiconductor laser by which said reflection factor adjustment layer is formed in the medium of said up mirror in either of claims 1-6.

[Claim 8] It is the field luminescence mold semiconductor laser to which a resonator is perpendicularly formed on a semi-conductor substrate, and carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction vertical to this semi-conductor substrate from this resonator. The thin film deposition object of the shape of a column which contains said some of resonators at least is included. Said resonator The laminating of a lower mirror, a barrier layer, and the up mirror is carried out, and they are formed. Said up mirror The 1st mirror section formed in the center section of the thin film deposition object of the shape of said column and the 2nd mirror section formed in the periphery of this 1st mirror section are included. Said 1st mirror section and said 2nd mirror section The laminating of two sorts of thin films with which refractive indexes differ is carried out by turns, and they are formed. The thin film of these two kinds It has the thickness which fulfills Bragg reflection conditions, respectively.

The thickness of said 1st mirror section the field luminescence mold semiconductor laser by which replacement **** formation of said 2nd mirror section is carried out at the layer which has the thickness with which only the die length which fulfills Bragg reflection conditions is small as compared with the thickness of said 2nd mirror section, and at least one of said two sorts of thin films fills anti-Bragg reflection conditions.

[Claim 9] Field luminescence mold semiconductor laser which said two sorts of thin films become [said thin film deposition object] from a semi-conductor layer in claim 8 including a semi-conductor layer.

[Claim 10] Field luminescence mold semiconductor laser this whose thickness of a layer that has the thickness which fulfills said anti-Bragg reflection conditions this thickness of a layer that has the thickness which fulfills said Bragg reflection conditions in claims 8 or 9 is about 1 of wavelength of standing wave formed in said

resonator/4, and is about 1 of wavelength of standing wave formed in said resonator/2.

[Claim 11] It is the field luminescence mold semiconductor laser in which said 2nd mirror section contains a current constriction layer in claims 1-10.

[Claim 12] Setting to claim 11, the path of said crevice is field luminescence mold semiconductor laser smaller than the bore of said current constriction layer.

[Claim 13] Said up mirror is the field luminescence mold semiconductor laser containing the dielectric layer which consists of two sorts of layers from which a refractive index differs in either of claims 1-12.

[Claim 14] Field luminescence mold semiconductor laser in which a layer with the lower refractive index among two sorts of layers which constitute said dielectric layer is formed in claim 13 from silicon oxide, magnesium fluoride, barium fluoride, a calcium fluoride, lithium fluoride, and the ingredient chosen from a sodium fluoride, and a layer with a higher refractive index is formed from tantalum oxide, titanium oxide, a zirconium dioxide, an amorphous silicon, zinc sulfide, and the ingredient chosen from cerium oxide.

[Claim 15] Said two sorts of thin films which constitute said 1st mirror section and said 2nd mirror section in either of claims 1-14 are field luminescence mold semiconductor laser which consists of a semiconductor material which consisted of elements chosen from aluminum, a gallium, arsenic, an indium, Lynn, and nitrogen.

[Claim 16] The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser containing following process (a) - (c).

(a) After forming a lower mirror and a barrier layer in the front face of said semi-conductor substrate, In case the laminating of two sorts of thin films with which it has the thickness with which each fills Bragg reflection conditions, and refractive indexes differ is carried out by turns on said barrier layer By transposing to the reflection factor adjustment layer which has the thickness which fulfills anti-Bragg reflection conditions for at least one layer in said thin film which carried out the laminating, and forming This semi-conductor deposit is etched from the front face of the process which forms a semi-conductor deposit, and the (b) aforementioned semi-conductor deposit to the middle of said reflection factor adjustment layer. The 1st mirror section containing the part which fulfills Bragg reflection conditions among said reflection factor adjustment layers, The process which is formed in the periphery of this 1st mirror section, and forms the up mirror containing the 2nd mirror section containing the part which fulfills anti-Bragg reflection conditions among said reflection factor adjustment layers, and the process which etches the periphery section of the (c) aforementioned semi-conductor deposit, and forms a column-like thin film deposition object.

[Claim 17] The manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that said two sorts of thin films consist [said thin film deposition object] of semi-conductor layers in said process (a) in claim 16 including a semi-conductor layer.

[Claim 18] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser including the process at which said process (a) forms a dielectric layer all over said semi-conductor deposit in claims 16 or 17.

[Claim 19] The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which includes the process which forms a dielectric layer in the top face of said up mirror in either of claims 16-18 following on said process (c).

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam vertically to a semi-conductor substrate, and its manufacture approach.

[0002]

[Background of the Invention] Field luminescence mold semiconductor laser is semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam vertically to a semi-conductor substrate, and the resonator is perpendicularly formed on the semi-conductor substrate. After this resonator oscillates a laser beam, outgoing radiation of it is carried out, the laminating of a reflecting layer, a barrier layer, and the reflecting layer is carried out to order, and it is constituted.

[0003] As one of the descriptions which was excellent in field luminescence mold semiconductor laser, it is mentioned compared with end-face laser that a laser radiation angle is isotropic and small. For this reason, as for field luminescence mold semiconductor laser, the application as the light source is expected in optic fiber communication, optical juxtaposition information processing, etc.

[0004] If the transfer loss which is one of the descriptions of an optical fiber is taken into consideration especially in case field luminescence mold semiconductor laser is used for optic fiber communication, for example, it will be required that a high output should be obtained by the single transverse mode with more sufficient joint effectiveness. However, since field luminescence mold semiconductor laser has the structure for pouring in a current from the perimeter of a resonator, it is difficult for it to oscillate by the single transverse mode and to obtain the laser beam of a high output. Especially, in field luminescence mold semiconductor laser, while a laser radiation angle becomes large as an output becomes large, the phenomenon in which the laser radiation pattern which two or more peaks on the strength are discovered, consequently has a complicated configuration appears is often observed. This phenomenon is called multi-transverse-mode oscillation. When this multi-transverse-mode oscillation arose, even if the joint effectiveness with a lens etc. got worse owing to a laser radiation angle spreading or it carried out image formation using the lens, light might be unable to be condensed to one point.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The object of this invention is to offer the field luminescence mold semiconductor laser which oscillates by the single transverse mode and can obtain the laser beam of a high output, and its process approach.

[0006]

[Means for Solving the Problem] (A) The field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention It is the field luminescence mold semiconductor laser to which a resonator is perpendicularly formed on a semi-conductor substrate, and carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction vertical to this semi-conductor substrate from this resonator. The thin film deposition object of the shape of a column which contains said some of resonators at least is included. Said resonator The laminating of a lower mirror, a barrier layer, and the up mirror is carried out, and they are formed. Said up mirror The 1st mirror section formed in the center section of the thin film deposition object of the shape of said column, the 2nd mirror section formed in the periphery of this 1st mirror section, and a reflection factor adjustment layer are included. Said reflection factor adjustment layer It has the thickness with which the part contained in said 1st mirror section fills Bragg reflection conditions, and has the thickness with which the part contained in said 2nd mirror section fills anti-Bragg reflection conditions, and said 1st mirror section is characterized by a reflection factor being larger than said 2nd mirror section.

[0007] The thickness which fulfills the Bragg reflection conditions said to this invention means the thickness d_a which fills the following formula (1), when wavelength of the standing wave which exists in a resonator is set to λ . The so-called Bragg reflection mirror is constituted by carrying out the

laminating of the layer of this thickness.

$d_a = (2n-1) \lambda / 4$ (n is one or more integers) Formula (1)

Moreover, the thickness which fulfills the anti-Bragg reflection conditions said to this invention means the thickness d_2 which fills the following formula (2), when wavelength of the standing wave which exists in a resonator is set to λ .

$d_b = n\lambda / 2$ (n is one or more integers) Formula (2)

According to the field luminescence mold semiconductor laser of this invention, since the difference of the reflection factor of the laser beam in the 1st mirror section and the reflection factor of the laser beam in the 2nd mirror section can be enlarged, it oscillates by the single transverse mode, and the laser beam of high power can be obtained. In detail, it explains in full detail in the column of the gestalt of operation of this invention.

[0008] (1) - (6) can be illustrated as a desirable mode of said field luminescence mold semiconductor laser.

[0009] (1) Said thin film deposition object can contain a semi-conductor layer at least. That is, the thin film deposition object concerned is constituted by the crosswise lamination object of one sort of semi-conductor layers, and one sort of dielectric layers with which refractive indexes differ mutually, and two sorts of semi-conductor layers from which a refractive index differs mutually preferably especially including at least one sort of semi-conductor layers.

[0010] (2) A crevice is formed in the top face of said reflection factor adjustment layer, and the thickness of said reflection factor adjustment layer in this crevice can fulfill Bragg reflection conditions.

[0011] (3) Said reflection factor adjustment layer can apply and follow said 2nd mirror section from said 1st mirror section.

[0012] According to the above-mentioned configuration, the effectiveness mentioned above can be acquired.

[0013] (4) about [of the wavelength of the standing wave formed in said resonator in the part contained in said 1st mirror section in said reflection factor adjustment layer] — about [of the wavelength of the standing wave formed in said resonator in the part which sets to one fourth and is contained in said 2nd mirror section] — it can be referred to as one half.

[0014] (5) Said reflection factor adjustment layer can be formed in the maximum upper layer of said up mirror.

[0015] (6) Said reflection factor adjustment layer can be formed in the medium of said up mirror.

[0016] (B) Moreover, the field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention It is the field luminescence mold semiconductor laser to which a resonator is perpendicularly formed on a semi-conductor substrate, and carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction vertical to this semi-conductor substrate from this resonator. The thin film deposition object of the shape of a column which contains said some of resonators at least is included. Said resonator The laminating of a lower mirror, a barrier layer, and the up mirror is carried out, and they are formed. Said up mirror The 1st mirror section formed in the center section of the thin film deposition object of the shape of said column and the 2nd mirror section formed in the periphery of this 1st mirror section are included. Said 1st mirror section and said 2nd mirror section The laminating of two sorts of thin films with which refractive indexes differ is carried out by turns, and they are formed. The thin film of these two kinds It has the thickness which fulfills Bragg reflection conditions, respectively. The thickness of said 1st mirror section as compared with the thickness of said 2nd mirror section, only the die length which fulfills Bragg reflection conditions is small, and replacement **** formation of said 2nd mirror section is carried out at the layer in which at least one of said two sorts of thin films has the thickness which fulfills anti-Bragg reflection conditions.

[0017] In this case, it is desirable for said two sorts of thin films to consist [said thin film deposition object] of semi-conductor layers including a semi-conductor layer.

[0018] about [moreover, / of the wavelength of the standing wave formed in said resonator in this

thickness of a layer that has the thickness which fulfills said Bragg reflection conditions in this case] — about [of the wavelength of the standing wave formed in said resonator in this thickness of a layer that has the thickness which sets to one fourth and fulfills said anti-Bragg reflection conditions] — it can be referred to as one half.

[0019] According to said field luminescence mold semiconductor laser, the same effectiveness as the field luminescence mold semiconductor laser mentioned above can be acquired.

[0020] (C) What is shown below can be illustrated as a more desirable mode of said field luminescence mold semiconductor laser.

[0021] (1) As for said 2nd mirror section, it is desirable to include a current constriction layer. According to this configuration, a laser beam can be stored inside the bore of a current constriction layer.

[0022] Generally, in the field luminescence mold semiconductor laser containing a current constriction layer, in order to aim at improvement in laser reinforcement, it is necessary to enlarge the bore of a current constriction layer. However, since many laser beams outside the center section of a resonator oscillated by the multi-transverse mode exist, if the bore of a current constriction layer is enlarged, the laser beam oscillated by the multi-transverse mode will become is easy to be guided. Then, the laser beam which is made to oscillate most laser beams oscillated by the single transverse mode in the 1st mirror section, and is oscillated by the multi-transverse mode is oscillated in the 2nd mirror section by making the path of said 1st mirror section smaller than the bore of a current constriction layer. In the field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention, since the reflection factor is larger than the 2nd mirror section, the laser beam oscillated by the single transverse mode which exists in the 1st mirror section oscillates more 1st mirror sections. Consequently, the oscillation of the laser beam in the multi-transverse mode can be controlled.

[0023] (2) Said up mirror can contain the dielectric layer which consists of two sorts of layers from which a refractive index differs. According to this configuration, since the difference of the reflection factor of said 1st mirror section and said 2nd mirror section can be enlarged, the oscillation of the laser beam in the multi-transverse mode can be controlled further.

[0024] In this case, it is desirable to form a layer with the lower refractive index among two sorts of layers which constitute said dielectric layer from silicon oxide, magnesium fluoride, barium fluoride, a calcium fluoride, lithium fluoride, and the ingredient chosen from a sodium fluoride, and to form a layer with a higher refractive index from tantalum oxide, titanium oxide, a zirconium dioxide, an amorphous silicon, zinc sulfide, and the ingredient chosen from cerium oxide.

[0025] (3) As for said two sorts of thin films which constitute said 1st mirror section and said 2nd mirror section, it is desirable to consist of a semiconductor material which consisted of aluminum, a gallium, arsenic, an indium, Lynn, and an element chosen from nitrogen.

[0026] (D) The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention contains following process (a) – (c).

[0027] (a) After forming a lower mirror and a barrier layer in the front face of said semi-conductor substrate, In case the laminating of two sorts of thin films with which it has the thickness with which each fills Bragg reflection conditions, and refractive indexes differ is carried out by turns on said barrier layer By transposing to the reflection factor adjustment layer which has the thickness which fulfills anti-Bragg reflection conditions for at least one layer in said thin film which carried out the laminating, and forming This semi-conductor deposit is etched from the front face of the process which forms a semi-conductor deposit, and the (b) aforementioned semi-conductor deposit to the middle of said reflection factor adjustment layer. The 1st mirror section containing the part which fulfills Bragg reflection conditions among said reflection factor adjustment layers, The process which is formed in the periphery of this 1st mirror section, and forms the up mirror containing the 2nd mirror section containing the part which fulfills anti-Bragg reflection conditions among said reflection factor adjustment layers, and the process which etches the periphery section of the (c) aforementioned semi-conductor deposit, and forms a column-like thin film deposition object.

[0028] According to this process, since the control in the case of etching is easier, the margin at the time of being manufacture can be enlarged. Thereby, the manufacturing cost of a surface emission-type laser can be reduced, consequently cheaper field luminescence laser can be obtained. In detail, it explains in full detail in the column of the gestalt of operation of this invention.

[0029] In this case, in said process (a), it is desirable for said two sorts of thin films to consist [said thin film deposition object] of semi-conductor layers including a semi-conductor layer.

[0030] Moreover, said process (a) can include the process which forms a dielectric layer all over said semi-conductor deposit in this case.

[0031] Or the process which forms a dielectric layer in the top face of said up mirror in this case following on said process (c) can be included.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0033] (Gestalt of the 1st operation)

(Manufacture process of a device) The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser 100 (henceforth a "surface emission-type laser") concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention is first explained using drawing 3 -7. Drawing 3 -7 are the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation.

[0034] The manufacture approach of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation mainly consists of following process (a) - (c). After a process (a) forms the lower mirror 102 and a barrier layer 103 in the front face of the semi-conductor substrate 101, In case the laminating of two sorts of thin films (the 1st semi-conductor layer 117 ax, the 2nd semi-conductor layer 117 ay) with which it has the thickness which fulfills Bragg reflection conditions, and refractive indexes differ is carried out by turns on a barrier layer 103 It is the process which forms semi-conductor deposit 117a by transposing to reflection factor adjustment layer 104a which has the thickness which fulfills anti-Bragg reflection conditions for at least one layer in said thin film which carried out the laminating, and forming in it. A process (b) is a process which forms the part which etches semi-conductor deposit 117a from the front face of semi-conductor deposit 117a to the middle of reflection factor adjustment layer 104a, and fulfills Bragg reflection conditions in the reflection factor adjustment layer 104, and the part which fulfills anti-Bragg reflection conditions. A process (c) is a process which etches the periphery section of the semi-conductor deposit 150, and forms the pillar-shaped section 110.

[0035] The up mirror containing the 1st mirror section 114 which contains the part which fulfills Bragg reflection conditions among the reflection factor adjustment layers 104 according to the above process, and the 2nd mirror section 108 containing the part which is formed in the periphery of the 1st mirror section 114, and fulfills anti-Bragg reflection conditions among the reflection factor adjustment layers 104 is formed, and the surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is obtained.

[0036] First, a process (a) is explained.

[0037] (a) Form the deposit 150 shown in drawing 3 by carrying out epitaxial growth, making the front face of the semi-conductor substrate 101 which consists of an n mold GaAs modulate a presentation. The buffer layer which consists of an n mold GaAs in a deposit 150 here (not shown). The distribution reflective mold multilayer mirror of 30 pairs which carried out the laminating of n mold aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As and the n mold aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As by turns 102, n mold cladding layer which consists of n mold aluminum_{0.5}Ga_{0.5}As (not shown), (It is hereafter called a "lower mirror") It consists of a barrier layer of a layer and aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As with a thickness of 4nm. GaAs with a thickness of 4nm — a well — this — a well — p mold cladding layer (not shown) which a layer turns into from barrier layer 103a of the quantum well structure which consists of three layers, and aluminum_{0.5}Ga_{0.5}As — layer 107 for current constriction formation a which consists of a p mold AlAs, and the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — semi-conductor deposit 117a containing semi-conductor layer

117ay and reflection factor adjustment layer 104a (it mentions later) — And the contact layer (not shown) which consists of a p mold GaAs is said, the laminating of these layers is carried out to order on the semi-conductor substrate 101, and a deposit 150 is formed. In addition, although layer 107a for current constriction formation has been arranged under semi-conductor deposit 117a here, layer 107a for current constriction formation may be formed in the middle of semi-conductor deposit 117a. Moreover, the near field in which the front face of the semi-conductor substrate 101 forms a resonator 120 at a next process in the semi-conductor substrate 101 is said.

[0038] The cross-section structure of semi-conductor deposit 117a is shown in drawing 4. Drawing 4 is the expanded sectional view of the semi-conductor deposit 117a part shown in drawing 3: the 1st which semi-conductor deposit 117a becomes from a p mold aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As layer as shown in drawing 4 — the 2nd which consists of a semi-conductor layer 117ax and p mold aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As layer — the laminating of the semi-conductor layer 117ay is carried out alternately with 25 pairs, and reflection factor adjustment layer 104a is formed in the maximum upper layer. reflection factor adjustment layer 104a — the 1st — it has the same presentation as semi-conductor layer 117ax. Semi-conductor deposit 117a is a layer which serves as the up mirror 117 in a next process. In the gestalt of this operation, although the case where two sorts of thin films which constitute the lower mirror 117 were semi-conductor layers (the 1st semi-conductor layer 117 ax and the 2nd semi-conductor layer 117 ay) was shown, said two sorts of thin films are not necessarily limited to a semi-conductor layer, and may be formed with ingredients other than a semiconductor material, for example, dielectric materials etc.

[0039] moreover, drawing 4 — setting — the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd, although the case where the laminating of the semi-conductor layer 117ay was carried out by turns was shown the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd, in order to lower resistance of the interface of semi-conductor layer 117ay the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — between semi-conductor layer 117ay(s) — a film — inserting — connecting two-layer [this] stair-like **** — or the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — presentation change of an interface with semi-conductor layer 117ay can also be made gently-sloping.

[0040] the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — semi-conductor layer 117ay is formed in the thickness which fulfills Bragg reflection conditions about the wavelength λ of the standing wave formed in a resonator 120, respectively, as shown in drawing 4. for example, it is shown in drawing 4 — as — the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — the thickness of semi-conductor layer 117ay — $\lambda/4$ of thickness — become — it forms.

[0041] moreover, the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — semi-conductor layer 117ay — the 1st — the refractive index of semi-conductor layer 117ax — the 2nd — it consists of an ingredient which becomes larger than the refractive index of semi-conductor layer 117ay. the surface emission-type laser concerning the gestalt of this operation — setting — the 1st — the aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As layer which constitutes semi-conductor layer 117ax — the 2nd — a refractive index is larger than the p mold aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As layer which constitutes semi-conductor layer 117ay.

[0042] here — the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — the 1st formed in the maximum upper layer in case the laminating of the semi-conductor layer 117ay is carried out by turns on a barrier layer 103 — semi-conductor layer 117ax is replaced and formed in reflection factor adjustment layer 104a. Reflection factor adjustment layer 104a is formed in the thickness which fulfills anti-Bragg reflection conditions about the wavelength λ of the standing wave formed in a resonator 120. In the gestalt of this operation, reflection factor adjustment layer 104a is formed so that the thickness of reflection factor adjustment layer 104a may become $\lambda/2$.

[0043] Moreover, in order to install the current constriction layer 111 into the pillar-shaped section 110 in the process mentioned later, layer 107a for current constriction formation which consists of a p mold AlAs with a thickness of 30nm is formed in the bottom of semi-conductor deposit 117a. In addition, although the case where layer 107a for current constriction formation was formed directly under semi-conductor deposit 117a was shown here instead of — the 1st — semi-conductor layer 117ax or the 2nd

— whether a part of semi-conductor layer 117ay is replaced and formed in layer 107a for current constriction formation or the at least 1 to 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — it can also form so that layer 107a for current constriction formation may be inserted between semi-conductor layer 117ay(s). Moreover, the location in which the current constriction layer 111 is installed is not necessarily limited to this location, and may be installed in the lower part of a barrier layer 103. Moreover, two or more current constriction layers can also be installed, and the location of a current constriction layer can also be freely chosen in this case.

[0044] Although the temperature at the time of performing epitaxial growth is suitably determined by the class of semi-conductor substrate 101 or the class of deposit 150 which forms, and thickness, generally it is desirable that it is 600–800 degrees C. Moreover, the duration at the time of performing epitaxial growth as well as temperature is determined suitably. moreover — as the approach of carrying out epitaxial growth — organic metal vapor growth (MOVPE: Metal–Organic VaporPhase Epitaxy) — law and MBE — law (Molecular Beam Epitaxy) — law or LPE — law (Liquid Phase Epitaxy) can be used.

[0045] Then, a process (b) is explained.

[0046] (b) On semi-conductor deposit 117a, after applying a photoresist (not shown), as shown in drawing 5, form the resist layer 500 of a predetermined pattern by carrying out patterning of this photoresist with photolithography. Subsequently, the part in which the resist layer 500 is not formed in reflection factor adjustment layer 104a which is the maximum upper layer is formed in the thickness which fulfills Bragg reflection conditions by etching by using this resist layer 500 as a mask using the dry etching method using chlorine-based gas etc. for example. In drawing 6, the case where it etches until the part in which the resist layer 500 is not formed in reflection factor adjustment layer 104a became one fourth of the thickness of the wavelength λ of the standing wave formed in a resonator 120 is shown. Thereby, as shown in drawing 6, crevice 104b is formed in the center section of reflection factor adjustment layer 104a, and crevice 104b has $\lambda/4$ of the depth by having etched $\lambda/4$ for reflection factor adjustment layer 104a which has $\lambda/2$ of thickness by thickness.

[0047] Then, a process (c) is explained.

[0048] First, after forming the resist layer 501 on crevice 104b formed of the process mentioned above, by etching by using the resist layer 500,501 as a mask using the dry etching method using chlorine-based gas etc. for example, it etches until layer 107a for current constriction formation is exposed at least, and as shown in drawing 7, the pillar-shaped section 110 which is a column-like thin film deposition object is formed. In the gestalt of this operation, although the case where the pillar-shaped section 110 was formed from the thin film deposition object containing a semi-conductor layer was shown, the pillar-shaped section 110 can also be formed for the up mirror 117 or the lower mirror 102 by forming from dielectric materials from the thin film deposition object which consists of ingredients other than a semi-conductor.

[0049] Moreover, in this process, the layer etched is not limited to these but is suitably determined by the configuration of the resonator made into the object. According to the above process, the part applied to barrier layer 103a among resonators 120 from the laser beam outgoing radiation side of a surface emission-type laser 100 sees clitteringly a laser beam outgoing radiation side, it is etched into a circle configuration with a diameter of 10–30 micrometers, and the up mirror 117 containing the reflection factor adjustment layer 104, the layer 107 for current constriction formation, and a barrier layer 103 are formed. Here, in the pillar-shaped section 110, it is some resonators 120 and a column-like semi-conductor deposition object is said. In addition, although the flat-surface configuration of the pillar-shaped section 110 was made circular with the gestalt of this operation, this configuration can take the configuration of arbitration.

[0050] Subsequently, after removing the resist layer 500,501, the layer 107 for current constriction formation which consists of a p mold AlAs layer is exposed to the bottom of an about 400-degree C steam ambient atmosphere. Of this process, the AlAs layer oxidizes from the periphery section to the inside, and the aluminum oxide which is an insulator is formed. That is, as the layer 107 for current

constriction formation oxidizes from the periphery section and is shown in drawing 8, the current constriction layer 111 containing an aluminum oxide and current valley layer 107b (part which was not changed into the current constriction layer 111 among the layers 107 for current constriction formation) surrounded in the current constriction layer 111 in the periphery section are formed. Of the above, a resonator 120 is formed on the semi-conductor substrate 101.

[0051] Subsequently, the insulating layer (not shown) which consists of silicon oxide (SiO_x film) is formed in a part of side face of the pillar-shaped section 110, and the top face of the lower mirror 102 with the CVD method which used the mono silane as the raw material. The class of insulating layer is not limited to silicon oxide, and may use other insulator layers, such as a silicon nitride film (SiN_x film). Or the embedded structure using resin ingredients, such as polyimide, may be used. Then, the alloy layer (not shown) which consists of an alloy of gold and zinc with a vacuum deposition method is formed in the top face of the up mirror 117. Then, patterning of said alloy layer is carried out using the photolithography method, the up electrode 113 is formed, and the lower electrode 115 which consists of an alloy of gold and germanium is further formed in the rear face (the field which forms a resonator 120 in the semi-conductor substrate 101, and field of an opposite hand) of the semi-conductor substrate 101 with a vacuum deposition method. Finally the structure obtained according to the above-mentioned process is heat-treated at 350 degrees C, and ohmic contact of the up electrode 113, a resonator 120, and the lower electrode 115 is carried out. Of the above process, as shown in drawing 1, the up mirror 117 containing the 1st mirror section 114 formed in the center section of the pillar-shaped section 110 and the 2nd mirror section 108 formed in the periphery of the 1st mirror section 114 is formed. The surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is obtained through the above process.

[0052] (Structure of a device) The surface emission-type laser 100 obtained according to the above-mentioned manufacture process is shown in drawing 1. Drawing 1 is the sectional view cut along with the A-A line of drawing 2. Drawing 2 R> 2 is drawing showing typically the important section of the flat surface which looked at the surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 from the side which counters outgoing radiation opening of a laser beam. Drawing 4 is the expanded sectional view of 2nd mirror section 108 part which constitutes the up mirror 117 shown in drawing 1.

[0053] The resonator 120 with which a surface emission-type laser 100 contains the pillar-shaped section 110 is formed on the semi-conductor substrate 101, the laminating of the lower mirror 102, a barrier layer 103, and the up mirror 117 is carried out, and the resonator 120 is formed. The up electrode 113 which consists of an alloy of gold and zinc is formed in the top face of the pillar-shaped section 110. Moreover, in the semi-conductor substrate 101, the lower electrode 115 which consists of an alloy of gold and germanium is formed in the field in which the resonator 120 is formed, and the field of an opposite hand.

[0054] The up mirror 117 is constituted including the 1st mirror section 114 and the 2nd mirror section 108. The 1st mirror section 114 is formed in the center section of the pillar-shaped section 110, the 2nd mirror section 108 is formed in the periphery of the 1st mirror section 114, and its reflection factor is [the 1st mirror section 114] larger than the 2nd mirror section 108. the 1st mirror section 114 and the 2nd mirror section 108 are formed from semi-conductor deposit 117a according to the above-mentioned manufacture process — having — any — the 1st — the laminating of two sorts of thin films of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y is carried out alternately with 25 pairs, and they are formed. Thereby, the 1st mirror section 114 and the 2nd mirror section 108 serve as the so-called Bragg reflection mirror in which the laminating of the reflecting mirror (the 1st semi-conductor layer 117 x and 2nd semi-conductor layer 117y) which is two kinds from which a refractive index differs was carried out by one fourth of the thickness of the wavelength λ of a standing wave, and have a function as a reflecting mirror with which optical absorption has few high reflection factors. Drawing 4 shows the cross section of the 2nd mirror section 108, and the 1st mirror section 114 has the almost same layer system as the 2nd mirror section 108 except for the part containing the part (crevice 104b) by which the thickness of the reflection factor adjustment layer 104 which is the maximum upper layer

among the 2nd mirror sections 108 is formed in one fourth of the wavelength λ of the standing wave formed in a resonator 120.

[0055] the 1st which constitutes the 1st mirror section 114 and the 2nd mirror section 108 — the 1st in semi-conductor deposit 117a which semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y mentioned above, respectively — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — it is equivalent to semi-conductor layer 117ay. therefore, the 1st — semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y — respectively — the 1st — semi-conductor layer 117ax and the 2nd — the thickness which fulfills Bragg reflection conditions like semi-conductor layer 117ay — having — and the 1st — semi-conductor layer 117x have a refractive index larger than 2nd semi-conductor layer 117y. specifically, it is shown in drawing 4 — as — the 1st — each of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y has one fourth of the thickness of the wavelength λ of the standing wave formed in a resonator 120, and consists of p mold aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As and p mold aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As, respectively.

[0056] Moreover, the reflection factor adjustment layer 104 which applies and follows the 2nd mirror section 108 from the 1st mirror section 114 is formed in the up mirror 117. The reflection factor adjustment layer 104 has the thickness which fulfills anti-Bragg reflection conditions, and crevice 104b which has the depth which fulfills Bragg reflection conditions is formed in the center section of the top face. As mentioned above, the reflection factor adjustment layer 104 has one half of the thickness of the wavelength λ of the standing wave formed in a resonator 120, and has one fourth of the thickness of said wavelength λ in crevice 104b. moreover, two or more 1st [the] which constitutes the up mirror 117 as the reflection factor adjustment layer 104 was mentioned above — at least one layer in semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y is permuted and formed. the 1st formed in the maximum upper layer of the up mirror 117 in the surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 — by making thickness of semi-conductor layer 117x into one half of the thickness of said wavelength λ shows the case where the reflection factor adjustment layer 104 is formed.

[0057] The 1st mirror section 114 contains crevice 104b which constitutes the reflection factor adjustment layer 104. That is, the 1st mirror section 114 contains the part whose thickness is $\lambda/4$ among the reflection factor adjustment layers 104. On the other hand, the 2nd mirror section 108 contains the part whose thickness is $\lambda/2$ among the reflection factor adjustment layers 104 among the parts 104 except crevice 104b, i.e., a reflection factor adjustment layer. Since the part except the reflection factor adjustment layer 104 has the almost same layer system in the 1st mirror section 114 and the 2nd mirror section 108 as mentioned above, the thickness of the 1st mirror section 114 is [$\lambda/4$] smaller than the thickness of the 2nd mirror section 108.

[0058] Furthermore, the current constriction layer 111 is formed in the 2nd mirror section 108. As for the bore of the current constriction layer 111, it is desirable to be formed so that it may become larger than the path of crevice 104b formed in the reflection factor adjustment layer 104. Moreover, as for the distance of the core of the current constriction layer 111, and the core of crevice 104b, it is desirable that it is less than 1 micron, and it is more desirable for the core of the current constriction layer 111 and the core of crevice 104b to be in agreement.

[0059] (Actuation of a device) General actuation of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation is shown below.

[0060] If the electrical potential difference of the forward direction is impressed to the pin diode which consists of an up mirror 117, a barrier layer 103, and a lower mirror 102 with the up electrode 113 and the lower electrode 115, in a barrier layer 103, recombination with an electron and an electron hole will take place, and luminescence by said recombination will arise. Then, in case the produced light goes back and forth between the up mirror 117 and the lower mirrors 102, induced emission happens, and luminous intensity is amplified. If the Mitsutoshi profit turns around optical loss a top, laser oscillation will happen and outgoing radiation of the laser beam will be perpendicularly carried out from the opening

116 of the up electrode 113 to the semi-conductor substrate 101.

[0061] (An operation and effectiveness) Next, the operation and effectiveness in the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation and its manufacture approach are explained.

[0062] (1) The relation of the thickness t of crevice 104b of the reflection factor adjustment layer 104 of a surface emission-type laser and the reflection factor (%) of the 1st mirror section 114 at the time of manufacturing the same field luminescence laser as the surface emission-type laser 100 which changes variously the thickness t of crevice 104b of the reflection factor adjustment layer 104 formed in the maximum upper layer of the 1st mirror section 114 (refer to drawing 17), and shows it first to drawing 1 according to the process mentioned above which were obtained is shown in drawing 18.

Drawing 18 shows the case where the reflection factor adjustment layer 104 which has predetermined thickness according to the process mentioned above is formed so that the thickness t of crevice 104b may be set to $0 - 3/4$ of said wavelength λ by etching. in addition — here — wavelength $\lambda = 800\text{nm}$ — carrying out — the 1st — the result at the time of forming semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y and reflection factor adjustment layer 104 grade is shown.

[0063] If drawing 18 is referred to, a reflection factor will become the largest when the thickness t of crevice 104b of the reflection factor adjustment layer 104 is $1/4$ of said wavelength λ . On the other hand, a reflection factor becomes the smallest when said thickness t is $1/2$ of said wavelength λ . Here, in the neighborhood which will be set to said thickness $t = \lambda / 4$ if change of the reflection factor in the neighborhood used as said thickness $t = \lambda / 4$, and $\lambda/2$ is compared, even if the value of said thickness t changed, when the value of the thickness t of crevice 104b changed in said thickness $t = \lambda / 2$ neighborhood to a reflection factor not changing so much, it turned out that a reflection factor changes a lot. Therefore, compared with the way which forms the thickness t of crevice 104b in $\lambda/2$ forming the thickness t of crevice 104b in said wavelength $\lambda / 4$, it turns out that the control in the case of etching is difficult. That is, it can be said that the control in the case of etching is easy rather than the way which forms the thickness t of crevice 104b in the thickness which fulfills Bragg's reflective conditions $(2n-1)(\lambda/4)$ forms the thickness t of crevice 104b in the thickness which fills anti-Bragg's condition of reflection $(n\lambda/2)$.

[0064] In the manufacture process of the surface emission-type laser in the gestalt of this operation, as shown in drawing 6, crevice 140b which has $\lambda/4$ of thickness is formed in the top face of the reflection factor adjustment layer 104 by etching reflection factor adjustment layer 104a whose thickness is $\lambda/2$. Therefore, since the control in the case of etching is easy, the margin at the time of being manufacture can be enlarged. For this reason, the manufacturing cost of the surface emission-type laser obtained according to this manufacture process can be reduced, consequently cheaper field luminescence laser can be obtained.

[0065] (2) In the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation, the 1st mirror section 114 contains crevice 104b which has $\lambda/4$ of thickness. On the other hand, the 2nd mirror section 108 contains the part which has $\lambda/2$ of thickness in the reflection factor adjustment layer 104. As shown in drawing 18, a reflection factor becomes large rather than the way whose thickness of the reflection factor adjustment layer 104 is $\lambda/4$ is [the thickness concerned] $\lambda/2$.

Therefore, the 1st mirror section 114 containing the part which has $\lambda/4$ of thickness in the reflection factor adjustment layer 104 has a reflection factor larger than the 2nd mirror section 108 containing the part which has $\lambda/2$ of thickness in the reflection factor adjustment layer 104.

[0066] In the surface emission-type laser, generally, it is known that laser oscillation will stop being able to happen easily, so that the reflection factor of a reflecting layer becomes small. Therefore, since the reflection factor is smaller than the field of the 1st mirror section 114, as for the field of the 2nd mirror section 108, laser oscillation cannot happen easily.

[0067] By the way, generally by the surface emission-type laser equipped with a current constriction layer, the light in a resonator exists in the bore $d2$ (refer to drawing 1) of a current constriction layer at the time of laser oscillation. And in order to enlarge the maximum reinforcement of laser, it is effective

to enlarge the bore d2 of a current constriction layer, but if the bore d2 of a current constriction layer is enlarged, it is known that the oscillation by the multi-transverse mode will become easy to take place. When the optical intensity distribution of each transverse mode in a resonator are compared, the optical intensity distribution of the light oscillated by the multi-transverse mode have two or more peaks to the optical intensity distribution of the light which carries out a single transverse-mode oscillation having a single crest configuration. From this, most light oscillated by the multi-transverse mode exists in the periphery approach of the bore d2 of a current constriction layer to concentrating the light which carries out a single transverse-mode oscillation near the core of the bore d2 of a current constriction layer.

[0068] Like the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation, if the path d1 of the 1st mirror section 114 is made smaller than the path d2 of current constriction layer 107b, the great portion of light which can store the great portion of light oscillated by the single transverse mode in the 1st mirror section 114, and is oscillated by the multi-transverse mode can be oscillated in the field of the 2nd mirror section 108.

[0069] As stated previously, since a reflection factor is low and laser oscillation cannot happen easily, in the field of the 2nd mirror section 108, the oscillation of the light oscillated by the multi-transverse mode which exists in the 2nd mirror section 108 mostly will be controlled.

[0070] For this reason, in the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation, since the laser oscillation of the multi-transverse mode can be controlled, even when attaining a high increase in power by enlarging the bore d2 of a current constriction layer, only the laser oscillation of the single transverse mode can be obtained.

[0071] (Gestalt of the 2nd operation)

(Structure of a device) Drawing 9 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[0072] The surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of the 2nd operation has the almost same configuration as the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation except for the reflection factor adjustment layer 204 being formed in the 3rd from the maximum upper layer of the up mirror 217.

[0073] the surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of this operation — setting — the reflection factor adjustment layer 204 top — 1 set of the 1st — the laminating of the semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y is carried out alternately with 1 pair, and the up mirror 217 is formed, namely, the 1st by which the reflection factor adjustment layer 204 is formed in the 3rd layer from the maximum upper layer — it is formed by setting thickness of semi-conductor layer 117x to one half of the wavelength λ of the standing wave which exists in a resonator 220.

[0074] (Manufacture process of a device) The manufacture approach of the surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of the 2nd operation is the same as the manufacture approach of a surface emission-type laser 100 and basic target concerning the gestalt of the 1st operation. the production process of a surface emission-type laser 100 specifically shown in drawing 4 — setting — the 1st of 25 pairs — instead of replacing and forming the maximum upper layer of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y in reflection factor adjustment layer 104a the 1st of 26 pairs, in case the semi-conductor deposit (not shown) which consists of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y is formed the 1st of the maximum upper layer to the 3rd layer — semi-conductor layer 117x are etched in the production process of a surface emission-type laser 100 continuously replaced, formed and shown in the reflection factor adjustment layer 204 which has one half of the thickness of said wavelength λ in drawing 6 from the top face of the up mirror 217 to the middle of the reflection factor adjustment layer 204. By the above, crevice 204a which has one fourth of the thickness of said wavelength λ is formed in the reflection factor adjustment layer 204. here — the reflection factor adjustment layer 204 top — the 1st of one pair — since semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y is formed, the difference of the thickness of the 1st mirror section

214 and the 2nd mirror section 208 is set to $3\lambda/4$ by forming crevice 204a in the reflection factor adjustment layer 204. The next process is the same as that of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation almost. Therefore, explanation is omitted.

[0075] (Actuation of a device, an operation, and effectiveness) Actuation of the surface emission-type laser 200 concerning the 2nd gestalt is the same as actuation of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation. Therefore, the explanation is omitted.

[0076] Moreover, the operation and effectiveness of a surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of the 2nd operation are the same as the operation and effectiveness of a surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation almost, and have the effectiveness of further the following.

[0077] In the surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of the 2nd operation, since the reflection factor adjustment layer 204 is formed in the side more near a barrier layer 103 as compared with the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation, the reflection factor adjustment layer 204 can make larger effectiveness given to a barrier layer 103. That is, since the difference of the reflection factor between the 1st mirror section 214 and the 2nd mirror section 208 can be enlarged more by the reflection factor adjustment layer 204, the oscillation of the laser beam oscillated by the multi-transverse mode can be controlled, and more laser beams oscillated by the single transverse mode can be obtained.

[0078] (Gestalt of the 3rd operation)

(Structure of a device) Drawing 10 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[0079] Although the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation has the almost same configuration as the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation, it differs from a surface emission-type laser 100 in that the 2nd mirror section 308 which constitutes the up mirror 317 contains a dielectric layer 106. A dielectric layer 106 is a reflecting layer and constitutes a part of 2nd mirror section 308, namely, the gestalt of this operation — setting — the 1st of 25 pairs — the 2nd mirror section 308 consists of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y and a dielectric layer 106 of one pair.

[0080] In the 2nd mirror section 308, a dielectric layer 106 consists of two sorts of layers from which it is formed on the reflection factor adjustment layer 104, and a refractive index differs. In drawing 10, a dielectric layer 106 consists of 1st dielectric layer 106a and 2nd dielectric layer 106b, and its refractive index is [2nd dielectric layer 106b] higher than 1st dielectric layer 106a.

[0081] In the gestalt of this operation, the case where used silicon oxide as 1st dielectric layer 106a, and tantalum oxide (Ta_2O_5) is used as 2nd dielectric layer 106b is shown. Or 1st dielectric layer 106a can be formed using magnesium fluoride, barium fluoride, a calcium fluoride, lithium fluoride, a sodium fluoride, etc. Moreover, 2nd dielectric layer 106b can be formed using titanium oxide, a zirconium dioxide, an amorphous silicon, zinc sulfide, cerium oxide, etc. In addition, in the gestalt of this operation, although the case where the dielectric layer 106 of one pair was used was shown, two or more laminatings of the dielectric layer 106 can also be carried out.

[0082] (Manufacture process of a device) Next, the process of the manufacture approach of the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of this operation is explained. Drawing 11, 12, 13 are the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of this operation.

[0083] The manufacture approach of the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation is the same as the manufacture approach of a surface emission-type laser 100 and basic target concerning the gestalt of the 1st operation except the point which carries out the laminating of the dielectric layer 106 to the top face of semi-conductor deposit 117a. Specifically in the production process of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation shown in drawing 4, the laminating of the dielectric layer 106 (1st dielectric layer 106a and 2nd dielectric layer

106b) is carried out to the top face of semi-conductor deposit 117a (refer to drawing 11). Subsequently, as shown in drawing 12 , after forming the resist layer 503, a dielectric layer 106 is etched by the dry etching method using fluorine system gas etc. Then, as shown in drawing 13 , crevice 104b which has one fourth of the thickness of said wavelength λ is formed in reflection factor adjustment layer 104a by etching from the top face of a dielectric layer 106 to the middle of reflection factor adjustment layer 104a. The next process is the same as that of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation almost. Therefore, explanation is omitted.

[0084] (Actuation of a device, an operation, and effectiveness) Actuation of the surface emission-type laser 300 concerning the 3rd gestalt is the same as actuation of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation. Therefore, the explanation is omitted.

[0085] Moreover, the operation and effectiveness of a surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation are the same as the operation and effectiveness of a surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation almost, and have the effectiveness of further the following.

[0086] In the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation, since the difference of the reflection factor between those between the 1st mirror section 314 and the 2nd mirror section 308 can be enlarged more when the 2nd mirror section 308 contains a dielectric layer 106, the oscillation of the laser beam oscillated by the multi-transverse mode can be controlled, and more laser beams oscillated by the single transverse mode can be obtained.

[0087] (Gestalt of the 4th operation)

(Structure of a device) Drawing 14 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[0088] The surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of the 4th operation has the almost same configuration as the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation. Although especially the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of this operation is the same as that of the surface emission-type laser 300 which starts the gestalt of the 3rd operation in the point that the 2nd mirror section 408 which constitutes the up mirror 417 contains a dielectric layer 206, the 1st mirror section 414 also differs from the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation in the point which contains a dielectric layer 206 like the 2nd mirror section 408 further. namely, the gestalt of this operation — setting — the 1st mirror section 414 and the 2nd mirror section 408 — the 1st of 23 pairs — it consists of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y and a dielectric layer 206 of one pair.

[0089] A dielectric layer 206 consists of 206 which consists of two sorts of layers (1st dielectric layer 206a and 2nd dielectric layer 206b) from which a refractive index differs like the 3rd operation gestalt. In the gestalt of this operation, the case where the respectively same ingredient as 1st dielectric layer 106a and 2nd dielectric layer 106b which constitute the insulator layer 106 in the 3rd operation gestalt is used for 1st dielectric layer 206a and 2nd dielectric layer 206b is shown. Moreover, in the gestalt of this operation, although the case where the dielectric layer 206 of one pair was used was shown, two or more laminatings of the dielectric layer 206 can also be carried out to the top face of the up mirror 417.

[0090] (Manufacture process of a device) Next, the process of the manufacture approach of the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of this operation is explained. Drawing 15 and 16 are the sectional views showing typically the process of the manufacture approach of the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of this operation.

[0091] The manufacture approach of the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of the 4th operation is the same as the manufacture approach of a surface emission-type laser 100 and basic target concerning the gestalt of the 1st operation, and adds a dielectric layer 206 further to the same structure as a surface emission-type laser 100. specifically, it obtains according to the process shown in drawing 4 -8 — having — the 1st of 23 pairs — the resist layer 504 is formed to the surface emission-type laser containing semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y on the periphery

section of the pillar-shaped section 110, and the lower mirror 102 (refer to drawing 15). subsequently, for example, EB vacuum evaporation or ion play DINGU — the laminating of the dielectric layer 206 (1st dielectric layer 206a and 2nd dielectric layer 206b) of one pair is carried out to up mirror 117 top face using law etc. (refer to drawing 16). Subsequently, the resist layer 504 is removed using the lift-off method. The surface emission-type laser 400 which starts the gestalt of the 4th operation according to the above process is obtained.

[0092] (Actuation of a device, an operation, and effectiveness) Actuation of the surface emission-type laser 400 concerning the 4th gestalt is the same as actuation of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of the 1st operation. Therefore, the explanation is omitted.

[0093] Moreover, the operation and effectiveness of a surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of the 4th operation are the same as the operation and effectiveness of a surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation almost, and have the effectiveness of further the following.

[0094] In the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of the 4th operation, like the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of the 3rd operation, the 2nd mirror section 408 contains a dielectric layer 206, and also the dielectric layer 206 is formed also in the 1st mirror section 414. Thereby, the difference of the refractive index between the 1st mirror section 414 and the 2nd mirror section 408 becomes still larger. Consequently, since the difference of the reflection factor between the 1st mirror section 414 and the 2nd mirror section 408 can be enlarged further, the oscillation of the laser beam oscillated by the multi-transverse mode can be controlled, and still more laser beams oscillated by the single transverse mode can be obtained.

[0095] moreover, the 1st which carries out a laminating since the dielectric layer 206 is formed in the 1st mirror section 414 and the 2nd mirror section 108 — even if it lessens the number of layers of semi-conductor layer 117x and 2nd semi-conductor layer 117y, a laser beam can fully be oscillated.

[0096] Furthermore, since the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of the 4th operation can be formed using the lift-off method, a dielectric layer 206 can be formed easily.

[0097] In addition, even if it replaces p mold and n mold in each semi-conductor layer in the gestalt of the above-mentioned operation, it does not deviate from the meaning of this invention. Although the gestalt of the above-mentioned operation explained the thing of an aluminum-Ga-As system, it is also possible to use semiconductor materials, such as other ingredient systems, for example, an In-P system, an In-aluminum-As system, a Ga-In-As system, a Ga-In-N system, an aluminum-Ga-In-P system, a Ga-In-N-As system, an aluminum-Ga-In-As system, and a Ga-In-As-P system, according to oscillation wavelength.

[0098] Moreover, the actuation approach of the surface emission-type laser in the gestalt of the above-mentioned operation is an example, and various modification is possible for it unless it deviates from the meaning of this invention. Moreover, although the gestalt of the above-mentioned operation shows the surface emission-type laser the number of the pillar-shaped sections is [surface emission-type laser] one, even if there are two or more pillar-shaped sections in a substrate side, the gestalt of this invention is not spoiled.

[0099] (Example of an experiment) the surface emission-type laser 100,200,300,400 which starts the gestalt of the 1st — the 4th operation mentioned above since it is difficult to carry out the direct valuation of the reflection factor of the 1st mirror section of a surface emission-type laser, and the 2nd mirror section — the reflection factor was calculated by simulation about the same laminated structure as the 1st mirror section of each up mirror, and the 2nd mirror section. Each structure was designed on the wavelength of 800nm, and the reflection factor in the wavelength of 800nm was evaluated.

Difference Δ [of (%) and the reflection factor R1 of the 1st mirror section in each gestalt of each operation, the reflection factor R2 of the 2nd mirror section (%), and the reflection factor of the 1st mirror section and the 2nd mirror section] R (%) is shown in a table 1.

[0100]

[A table 1]

	面発光レーザ 100	面発光レーザ 200	面発光レーザ 300	面発光レーザ 400
R ₁ (%)	99.9	99.9	99.9	99.9
R ₂ (%)	98.7	98.29	97.71	96.04
ΔR (%)	1.2	1.61	2.19	2.86

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing typically the cross section of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing typically the important section of the flat surface which looked at the field luminescence mold semiconductor laser shown in drawing 1 from the side which counters outgoing radiation opening of a laser beam.

[Drawing 3] It is the sectional view showing typically the 1st process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 4] In the field luminescence mold semiconductor laser shown in drawing 1, it is the expanded sectional view of the 2nd mirror section which constitutes an up mirror.

[Drawing 5] It is the sectional view showing typically the 2nd process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view showing typically the 3rd process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 7] It is the sectional view showing typically the 4th process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 8] It is the sectional view showing typically the 5th process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing typically the cross section of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing typically the cross section of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 11] It is the sectional view showing typically the 1st process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 12] It is the sectional view showing typically the 2nd process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 13] It is the sectional view showing typically the 3rd process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing typically the cross section of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 15] It is the sectional view showing typically the 1st process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 16] It is the sectional view showing typically the 2nd process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 17] It is drawing showing the cross-section structure of the 1st mirror section formed in the field luminescence mold semiconductor laser which it is manufactured in the same process as the field luminescence mold semiconductor laser shown in drawing 1 , and is shown in drawing 1 , and the field luminescence mold semiconductor laser which has the almost same configuration.

[Drawing 18] It is drawing showing the relation between the thickness of the crevice of the reflection factor adjustment layer of the manufactured field luminescence mold semiconductor laser at the time of manufacturing the field luminescence mold semiconductor laser shown in drawing 1 , and the same field luminescence mold semiconductor laser according to the process mentioned above, and the reflection factor (%) of the 1st mirror section.

[Description of Notations]

100,200,300,400 Field luminescence mold semiconductor laser

101 Semi-conductor Substrate

102 Lower Mirror

103,103a Barrier layer

104,104a, 204,204a Reflection factor adjustment layer

104b, 204b Crevice

106,206 Dielectric layer

106a, 206a The 1st dielectric layer

106b, 206b The 2nd dielectric layer

107,107a Layer for current constriction formation

107b Current valley layer

108,208,308,408 The 2nd mirror section

108ax(es), 108x The 1st semi-conductor layer

108ay(s), 108y The 2nd semi-conductor layer

110,210,310,410 Pillar-shaped section

111 Current Constriction Layer

113 Up Electrode

114,214,314,414 The 1st mirror section

115 Lower Electrode

116,216,316,416 Opening

117,217,317,417 Up mirror

117a Semi-conductor deposit

120,220,320,420 Resonator

150 Deposit

500 501,502,503,504 Resist layer

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-284722

(P2001-284722A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/183

識別記号

F I

H 0 1 S 5/183

ターコード* (参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-91802(P2000-91802)

(22) 出願日 平成12年3月29日 (2000. 3. 29)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 近藤 貴幸

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100090479

弁理士 井上 一 (外2名)

Fターム(参考) 5F073 AA07 AA65 AA74 AA89 AB17

BA01 CA04 CB02 DA05 DA24

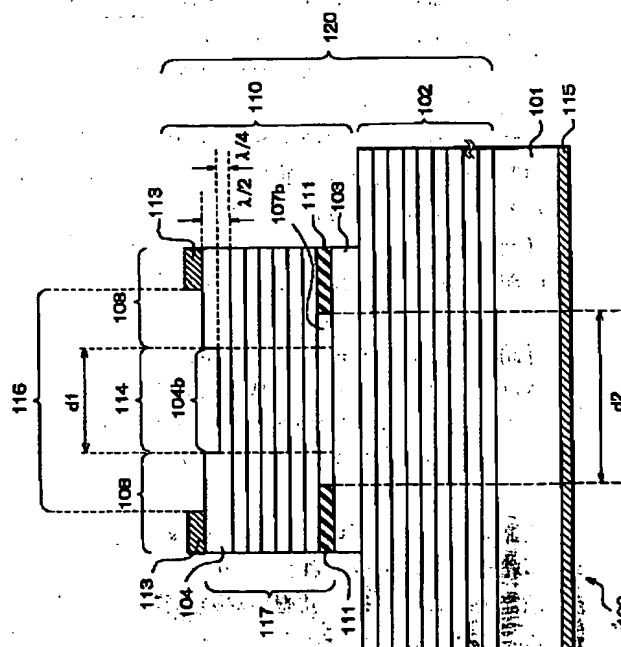
DA27 DA31 EA18 EA24

(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 シングル横モードで発振し、かつ高い出力のレーザ光を得ることができる面発光型半導体レーザおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 面発光型半導体レーザ100は共振器120を含み、共振器120は下部ミラー102、活性層103、および上部ミラー117が積層されて形成される。上部ミラー117は第1ミラー部114と第2ミラー部108とを含む。反射率調整層104は第1ミラー部114に含まれる部分がブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、第2ミラー部108に含まれる部分が反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、第1ミラー部114は第2ミラー部108よりも反射率が高い。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 共振器が半導体基板上に垂直方向に形成され、該共振器より該半導体基板に垂直な方向へレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、少なくとも前記共振器の一部を含む柱状の薄膜堆積体を含み、

前記共振器は、下部ミラー、活性層、および上部ミラーが積層されて形成され、

前記上部ミラーは、前記柱状の薄膜堆積体の中央部に形成される第1ミラー部と、該第1ミラー部の外周に形成される第2ミラー部と、反射率調整層とを含み、

前記反射率調整層は、前記第1ミラー部に含まれる部分がブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、前記第2ミラー部に含まれる部分が反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、

前記第1ミラー部は、前記第2ミラー部よりも反射率が大きい、面発光型半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1において、

前記薄膜堆積体が少なくとも半導体層を含む、面発光型半導体レーザ。

【請求項3】 請求項1または2において、

前記反射率調整層の上面に凹部が形成され、該凹部における前記反射率調整層の膜厚がブラッグ反射条件を満たす、面発光型半導体レーザ。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかにおいて、

前記反射率調整層は、前記第1ミラー部から前記第2ミラー部にかけて連続する、面発光型半導体レーザ。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかにおいて、

前記反射率調整層は、前記第1ミラー部に含まれる部分が前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/4$ であり、前記第2ミラー部に含まれる部分が前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/2$ である、面発光型半導体レーザ。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかにおいて、

前記反射率調整層は、前記上部ミラーの最上層に形成される、面発光型半導体レーザ。

【請求項7】 請求項1～6のいずれかにおいて、

前記反射率調整層は、前記上部ミラーの中間に形成される、面発光型半導体レーザ。

【請求項8】 共振器が半導体基板上に垂直方向に形成され、該共振器より該半導体基板に垂直な方向へレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、

少なくとも前記共振器の一部を含む柱状の薄膜堆積体を含み、

前記共振器は、下部ミラー、活性層、および上部ミラーが積層されて形成され、

前記上部ミラーは、前記柱状の薄膜堆積体の中央部に形成される第1ミラー部と、該第1ミラー部の外周に形成される第2ミラー部とを含み、

前記第1ミラー部および前記第2ミラー部は、屈折率が

2

異なる2種の薄膜が交互に積層されて形成され、該2種の薄膜は、それぞれブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、

前記第1ミラー部の膜厚は、前記第2ミラー部の膜厚と比較して、ブラッグ反射条件を満たす長さだけ小さく、前記第2ミラー部は、前記2種の薄膜のうち少なくとも1層が、反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する層に置き換えられて形成されている、面発光型半導体レーザ。

10 【請求項9】 請求項8において、

前記薄膜堆積体が半導体層を含み、前記2種の薄膜が半導体層からなる、面発光型半導体レーザ。

【請求項10】 請求項8または9において、

前記ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する層の該膜厚が、前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/4$ であり、

前記反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する層の該膜厚が、前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/2$ である、面発光型半導体レーザ。

20 【請求項11】 請求項1～10において、

前記第2ミラー部は電流狭窄層を含む、面発光型半導体レーザ。

【請求項12】 請求項11において、

前記凹部の径は、前記電流狭窄層の内径より小さい、面発光型半導体レーザ。

【請求項13】 請求項1～12のいずれかにおいて、

前記上部ミラーは、屈折率が異なる2種の層から構成される誘電体層を含む、面発光型半導体レーザ。

【請求項14】 請求項13において、

30 前記誘電体層を構成する2種の層のうち、屈折率が低い方の層が、酸化シリコン、フッ化マグネシウム、フッ化バリウム、フッ化カルシウム、フッ化リチウム、およびフッ化ナトリウムから選択される材料から形成され、屈折率が高い方の層が、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、アモルファスシリコン、硫化亜鉛、および酸化セリウムから選択される材料から形成される、面発光型半導体レーザ。

【請求項15】 請求項1～14のいずれかにおいて、

40 前記第1ミラー部および前記第2ミラー部を構成する前記2種の薄膜は、アルミニウム、ガリウム、砒素、インジウム、リン、および窒素から選択される元素から構成された半導体材料からなる、面発光型半導体レーザ。

【請求項16】 以下の工程(a)～(c)を含む面発光型半導体レーザの製造方法。

(a) 下部ミラーおよび活性層を前記半導体基板の表面に形成した後、それぞれがブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、かつ屈折率が異なる2種の薄膜を前記活性層上に交互に積層する際に、積層した前記薄膜のうち少なくとも1層を、反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する反射率調整層に置き換えて形成することにより、半導

50

(3)

3

体堆積層を形成する工程、

(b) 前記半導体堆積層の表面から前記反射率調整層の途中まで該半導体堆積層をエッチングして、前記反射率調整層のうちブラッグ反射条件を満たす部分を含む第1ミラー部と、該第1ミラー部の外周に形成され、前記反射率調整層のうち反ブラッグ反射条件を満たす部分を含む第2ミラー部とを含む上部ミラーを形成する工程、および

(c) 前記半導体堆積層の周縁部をエッチングして柱状の薄膜堆積体を形成する工程。

【請求項17】 請求項16において、前記工程(a)において、前記薄膜堆積体が半導体層を含み、前記2種の薄膜が半導体層からなる、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項18】 請求項16または17において、前記工程(a)は、前記半導体堆積層中に誘電体層を形成する工程を含む、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項19】 請求項16～18のいずれかにおいて、前記工程(c)に引き続いて、前記上部ミラーの上面に誘電体層を形成する工程を含む、面発光型半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板に対して垂直にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザおよびその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】 面発光型半導体レーザは、半導体基板に対して垂直にレーザ光を出射する半導体レーザであり、半導体基板上に垂直方向に共振器が設けられている。この共振器は、レーザ光を発振させた後出射させるものであり、反射層、活性層、反射層が順に積層されて構成される。

【0003】 面発光型半導体レーザの優れた特徴の一つとして、端面レーザに比べてレーザ放射角が等方的であり、かつ小さいことが挙げられる。このため、面発光型半導体レーザは、光ファイバ通信や光並列情報処理等において、光源としての応用が期待されている。

【0004】 なかでも、例えば光ファイバ通信に面発光*

$$d_a = (2n - 1) \cdot \lambda / 4 \quad (n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}) \quad \text{式 (1)}$$

また、本発明にいう反ブラッグ反射条件を満たす膜厚とは、共振器内に存在する定在波の波長を λ とした場合 ※

$$d_b = n \lambda / 2 \quad (n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}) \quad \text{式 (2)}$$

本発明の面発光型半導体レーザによれば、第1ミラー部におけるレーザ光の反射率と第2ミラー部におけるレーザ光の反射率との差を大きくすることができ、シングル横モードで発振し、かつ高出力のレーザ光を得ることができる。詳しくは、本発明の実施の形態の欄で詳

4

* 型半導体レーザを用いる際には、光ファイバの特徴の一つである伝達損失を考慮すると、より結合効率の良いシングル横モードで高い出力が得られることが要求される。しかしながら、面発光型半導体レーザは、共振器の周囲から電流を注入するための構造を有するため、シングル横モードで発振し、かつ高い出力のレーザ光を得ることが難しい。特に、面発光型半導体レーザでは、出力が大きくなるにしたがって、レーザ放射角が大きくなるとともに、複数の強度ピークが発現し、その結果、複雑な形状を有するレーザ放射パターンが現れるという現象がしばしば観察される。この現象をマルチ横モード発振という。かかるマルチ横モード発振が生じると、レーザ放射角が広がることが原因でレンズ等との結合効率が悪化したり、レンズを用いて結像しても光を1点に集光することができないことがあった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、シングル横モードで発振し、かつ高い出力のレーザ光を得ることができる面発光型半導体レーザおよびその製法方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 (A) 本発明にかかる面発光型半導体レーザは、共振器が半導体基板上に垂直方向に形成され、該共振器より該半導体基板に垂直な方向へレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、少なくとも前記共振器の一部を含む柱状の薄膜堆積体を含み、前記共振器は、下部ミラー、活性層、および上部ミラーが積層されて形成され、前記上部ミラーは、前記柱状の薄膜堆積体の中央部に形成される第1ミラー部と、該第1ミラー部の外周に形成される第2ミラー部と、反射率調整層とを含み、前記反射率調整層は、前記第1ミラー部に含まれる部分がブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、前記第2ミラー部に含まれる部分が反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、前記第1ミラー部は、前記第2ミラー部よりも反射率が高いことを特徴とする。

【0007】 本発明にいうブラッグ反射条件を満たす膜厚とは、共振器内に存在する定在波の波長を λ とした場合に、下記の式(1)を満たす膜厚 d_a をいう。かかる膜厚の層が積層されることにより、いわゆるブラッグ反射鏡が構成される。

※に、下記の式(2)を満たす膜厚 d_2 をいう。

述する。

【0008】 前記面発光型半導体レーザの好ましい態様としては、(1)～(6)を例示できる。

【0009】 (1) 前記薄膜堆積体が少なくとも半導体層を含むことができる。すなわち、当該薄膜堆積体は、

(4)

5

少なくとも1種の半導体層を含むもので、互いに屈折率の異なる1種の半導体層と1種の誘電体層の交互積層体や、特に好ましくは、互いに屈折率の異なる2種の半導体層により構成される。

【0010】(2) 前記反射率調整層の上面に凹部が形成され、該凹部における前記反射率調整層の膜厚がブラッグ反射条件を満たすことができる。

【0011】(3) 前記反射率調整層は、前記第1ミラー部から前記第2ミラー部にかけて連続することができる。

【0012】上記構成によれば、前述した効果を得ることができる。

【0013】(4) 前記反射率調整層において、前記第1ミラー部に含まれる部分を前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/4$ とし、前記第2ミラー部に含まれる部分を前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/2$ とすることができる。

【0014】(5) 前記反射率調整層を前記上部ミラーの最上層に形成することができる。

【0015】(6) 前記反射率調整層を前記上部ミラーの中間に形成することができる。

【0016】(B) また、本発明にかかる面発光型半導体レーザは、共振器が半導体基板上に垂直方向に形成され、該共振器より該半導体基板に垂直な方向へレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、少なくとも前記共振器の一部を含む柱状の薄膜堆積体を含み、前記共振器は、下部ミラー、活性層、および上部ミラーが積層されて形成され、前記上部ミラーは、前記柱状の薄膜堆積体の中央部に形成される第1ミラー部と、該第1ミラー部の外周に形成される第2ミラー部とを含み、前記第1ミラー部および前記第2ミラー部は、屈折率が異なる2種の薄膜が交互に積層されて形成され、該2種の薄膜は、それぞれブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、前記第1ミラー部の膜厚は、前記第2ミラー部の膜厚と比較して、ブラッグ反射条件を満たす長さだけ小さく、前記第2ミラー部は、前記2種の薄膜のうち少なくとも1層が、反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する層に置き換えられて形成されている。

【0017】この場合、前記薄膜堆積体が半導体層を含み、前記2種の薄膜が半導体層からなるのが望ましい。

【0018】また、この場合、前記ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する層の該膜厚を、前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/4$ とし、前記反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する層の該膜厚を、前記共振器内に形成される定在波の波長のほぼ $1/2$ とすることができる。

【0019】前記面発光型半導体レーザによれば、上述した面発光型半導体レーザと同様の効果を得ることができる。

【0020】(C) 前記面発光型半導体レーザのより好

6

ましい態様としては、以下に示すものが例示できる。

【0021】(1) 前記第2ミラー部は電流狭窄層を含むことが望ましい。この構成によれば、レーザ光を電流狭窄層の内径より内側に収めることができる。

【0022】一般に、電流狭窄層を含む面発光型半導体レーザにおいて、レーザ強度の向上を図るためには電流狭窄層の内径を大きくする必要がある。しかしながら、マルチ横モードで発振するレーザ光は共振器の中央部よりも外側に多く存在することから、電流狭窄層の内径を大きくするとマルチ横モードで発振するレーザ光が導波されやすくなる。そこで、前記第1ミラー部の径を電流狭窄層の内径より小さくすることにより、シングル横モードで発振するレーザ光の大部分を第1ミラー部で発振させ、マルチ横モードで発振するレーザ光を第2ミラー部で発振させる。本発明にかかる面発光型半導体レーザでは、第1ミラー部は第2ミラー部よりも反射率が大きいので、第1ミラー部に存在するシングル横モードで発振するレーザ光がより多く発振する。その結果、マルチ横モードでのレーザ光の発振を抑制することができる。

【0023】(2) 前記上部ミラーは、屈折率が異なる2種の層から構成される誘電体層を含むことができる。この構成によれば、前記第1ミラー部と前記第2ミラー部との反射率の差を大きくすることができるため、マルチ横モードでのレーザ光の発振をさらに抑制することができる。

【0024】この場合、前記誘電体層を構成する2種の層のうち、屈折率が低い方の層が、酸化シリコン、フッ化マグネシウム、フッ化バリウム、フッ化カルシウム、フッ化リチウム、およびフッ化ナトリウムから選択される材料から形成され、屈折率が高い方の層が、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、アモルファスシリコン、硫化亜鉛、および酸化セリウムから選択される材料から形成されることが望ましい。

【0025】(3) 前記第1ミラー部および前記第2ミラー部を構成する前記2種の薄膜は、アルミニウム、ガリウム、砒素、インジウム、リン、および窒素から選択される元素から構成された半導体材料からなることが望ましい。

【0026】(D) 本発明にかかる面発光型半導体レーザの製造方法は、以下の工程(a)～(c)を含む。

【0027】(a) 下部ミラーおよび活性層を前記半導体基板の表面に形成した後、それぞれがブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、かつ屈折率が異なる2種の薄膜を前記活性層上に交互に積層する際に、積層した前記薄膜のうち少なくとも1層を、反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する反射率調整層に置き換えて形成することにより、半導体堆積層を形成する工程、(b) 前記半導体堆積層の表面から前記反射率調整層の途中まで該半導体堆積層をエッチングして、前記反射率調整層のうちブラッグ反射条件を満たす部分を含む第1ミラー部と、該

(5)

7

第1ミラー部の外周に形成され、前記反射率調整層のうち反ブラッグ反射条件を満たす部分を含む第2ミラー部とを含む上部ミラーを形成する工程、および(c)前記半導体堆積層の周縁部をエッチングして柱状の薄膜堆積体を形成する工程。

【0028】この工程によると、エッチングの際における制御がより容易であるため、製造の際のマージンを大きくすることができる。これにより、面発光レーザの製造コストを低減することができ、その結果、より廉価な面発光レーザを得ることができる。詳しくは、本発明の実施の形態の欄で詳述する。

【0029】この場合、前記工程(a)において、前記薄膜堆積体が半導体層を含み、前記2種の薄膜が半導体層からなることが望ましい。

【0030】また、この場合、前記工程(a)は、前記半導体堆積層中に誘電体層を形成する工程を含むことができる。

【0031】あるいは、この場合、前記工程(c)に引き続いて、前記上部ミラーの上面に誘電体層を形成する工程を含むことができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0033】(第1の実施の形態)

(デバイスの製造プロセス) まず、本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザ100(以下、「面発光レーザ」という)の製造方法について、図3~7を用いて説明する。図3~7は、本実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【0034】本実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法は、主に以下の工程(a)~(c)からなる。工程(a)は、下部ミラー102および活性層103を半導体基板101の表面に形成した後、ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、かつ屈折率が異なる2種の薄膜(第1半導体層117ax、第2半導体層117ay)を活性層103上に交互に積層する際に、積層した前記薄膜のうち少なくとも1層を、反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有する反射率調整層104aに置き換えて形成することにより、半導体堆積層117aを形成する工程である。工程(b)は、半導体堆積層117aの表面から反射率調整層104aの途中まで半導体堆積層117aをエッチングし、反射率調整層104aにブラッグ反射条件を満たす部分と反ブラッグ反射条件を満たす部分とを形成する工程である。工程(c)は、半導体堆積層150の周縁部をエッチングして柱状部110を形成する工程である。

【0035】以上の工程により、反射率調整層104のうちブラッグ反射条件を満たす部分を含む第1ミラー部114と、第1ミラー部114の外周に形成され、反射

8

率調整層104のうち反ブラッグ反射条件を満たす部分を含む第2ミラー部108とを含む上部ミラーを形成し、図1に示す面発光レーザ100が得られる。

【0036】まず、工程(a)について説明する。

【0037】(a) n型GaAsからなる半導体基板101の表面に、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、図3に示される堆積層150を形成する。ここで、堆積層150とは、n型GaAsからなるバッファ層(図示せず)、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asとn型Al_{0.9}Ga_{0.1}Asとを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下、「下部ミラー」という)102、n型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asからなるn型クラッド層(図示せず)、厚さ4nmのGaAsウエル層と厚さ4nmのAl_{0.3}Ga_{0.7}Asとのバリア層からなり、該ウエル層が3層で構成される量子井戸構造の活性層103a、Al_{0.5}Ga_{0.5}Asからなるp型クラッド層(図示せず)、p型AlAsからなる電流狭窄形成用層107a、第1半導体層117axと第2半導体層117ayと反射率調整層104a(後述する)とを含む半導体堆積層117a、およびp型GaAsからなるコンタクト層(図示せず)をいい、これらの層を順に半導体基板101上に積層させて、堆積層150を形成する。なお、ここでは電流狭窄形成用層107aを半導体堆積層117aの下に配置したが、電流狭窄形成用層107aを半導体堆積層117aの途中に形成してもよい。また、半導体基板101の表面とは、半導体基板101において、後の工程で共振器120を形成する側の面をいう。

【0038】半導体堆積層117aの断面構造を図4に示す。図4は、図3に示す半導体堆積層117a部分の拡大断面図である。図4に示すように、半導体堆積層117aは、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}As層からなる第1半導体層117axおよびp型Al_{0.9}Ga_{0.1}As層からなる第2半導体層117ayが25ペア交互に積層され、かつ、最上層に反射率調整層104aが形成されている。反射率調整層104aは第1半導体層117axと同様の組成を有する。半導体堆積層117aは、後の工程において上部ミラー117となる層である。本実施の形態においては、下部ミラー117を構成する2種の薄膜が半導体層(第1半導体層117axおよび第2半導体層117ay)である場合を示したが、前記2種の薄膜は半導体層に限定されるわけではなく、半導体材料以外の材料、例えば誘電体材料等で形成してもよい。

【0039】また、図4においては、第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayが交互に積層されている場合を示したが、第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayの界面の抵抗を下げするために、第1半導体層117axと第2半導体層117ayとの間に薄い層を挿入し、かかる2層を階段状に接続したり、あるいは、第1半導体層117axと第2半導体層

(6)

9

117ayとの界面の組成変化をなだらかにすることもできる。

【0040】第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayはそれぞれ、図4に示すように、共振器120内に形成される定在波の波長 λ についてブラッグ反射条件を満たす膜厚に形成される。たとえば、図4に示すように、第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayの膜厚が $\lambda/4$ の厚さになるように、を形成する。

【0041】また、第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayは、第1半導体層117axの屈折率が第2半導体層117ayの屈折率よりも大きくなるような材料からなる。本実施の形態にかかる面発光レーザにおいては、第1半導体層117axを構成するAl0.2Ga0.8As層は、第2半導体層117ayを構成するp型Al0.9Ga0.1As層よりも屈折率が大い。

【0042】ここで、第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayを活性層103上に交互に積層する際に、最上層に形成される第1半導体層117axを反射率調整層104aに置き換えて形成する。反射率調整層104aは、共振器120内に形成される定在波の波長 λ について反ブラッグ反射条件を満たす膜厚に形成される。本実施の形態においては、反射率調整層104aの膜厚が $\lambda/2$ となるように、反射率調整層104aを形成する。

【0043】また、後述する工程において柱状部110中に電流狭窄層111を設置するために、厚さ30nmのp型AlAsからなる電流狭窄形成用層107aを半導体堆積層117aの下に形成する。なお、ここでは、半導体堆積層117aの直下に電流狭窄形成用層107aを形成する場合を示したが、かわりに、第1半導体層117axまたは第2半導体層117ayの一部を電流狭窄形成用層107aに置き換えて形成するか、あるいは少なくとも1対の第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayの間に電流狭窄形成用層107aを挿入するように形成することもできる。また、電流狭窄層111を設置する位置はこの場所に限定されるわけではなく、活性層103の下部に設置してもよい。また、電流狭窄層を複数設置することもでき、この場合、電流狭窄層の位置は自由に選ぶこともできる。

【0044】エピタキシャル成長を行う際の温度は、半導体基板101の種類、あるいは形成する堆積層150の種類や厚さによって適宜決定されるが、一般に、600～800℃であるのが好ましい。また、エピタキシャル成長を行う際の所要時間も、温度と同様に適宜決定される。また、エピタキシャル成長させる方法としては、有機金属気相成長(MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy)法や、MBE法(Molecular Beam Epitaxy)法、あるいはLPE法(Liquid Pha

10

se Epitaxy)を用いることができる。

【0045】続いて、工程(b)について説明する。

【0046】(b)半導体堆積層117a上に、フォトリソレジスト(図示しない)を塗布した後フォトリソグラフィにより該フォトリソレジストをパターンニングすることにより、図5に示すように、所定のパターンのレジスト層500を形成する。ついで、このレジスト層500をマスクとして、たとえば塩素系ガスを用いたドライエッチング法等を用いてエッチングを行うことにより、最上層である反射率調整層104aにおいてレジスト層500が形成されていない部分を、ブラッグ反射条件を満たす膜厚に形成する。図6においては、反射率調整層104aにおいてレジスト層500が形成されていない部分が共振器120内に形成される定在波の波長 λ の $1/4$ の膜厚になるまでエッチングした場合を示す。これにより、図6に示すように、反射率調整層104aの中央部に凹部104bが形成され、 $\lambda/2$ の膜厚を有する反射率調整層104aが $\lambda/4$ の厚さ分エッチングされたことにより、凹部104bは $\lambda/4$ の深さを有する。

【0047】続いて、工程(c)について説明する。

【0048】まず、前述した工程により形成された凹部104b上にレジスト層501を形成した後、レジスト層500、501をマスクとして、たとえば塩素系ガスを用いたドライエッチング法等を用いてエッチングを行うことにより、少なくとも電流狭窄形成用層107aが露出するまでエッチングし、図7に示すように、柱状の薄膜堆積体である柱状部110を設ける。本実施の形態においては、半導体層を含む薄膜堆積体から柱状部110を形成する場合を示したが、上部ミラー117または下部ミラー102を例えば誘電体材料から形成することにより、半導体以外の材料からなる薄膜堆積体から柱状部110を形成することもできる。

【0049】また、この工程において、エッチングされる層はこれらに限定されず、目的とする共振器の形状によって適宜決定されるものである。以上の工程により、共振器120のうち面発光レーザ100のレーザ光出射側から活性層103aにかけての部分が、レーザ光出射側からから見て直径10～30 μ mの円形状にエッチングされて、反射率調整層104を含む上部ミラー117、電流狭窄形成用層107、および活性層103が形成される。ここで、柱状部110とは、共振器120の一部であって、柱状の半導体堆積体をいう。なお、本実施の形態では、柱状部110の平面形状を円形としたが、この形状は任意の形状をとることが可能である。

【0050】ついで、レジスト層500、501を除去した後、p型AlAs層からなる電流狭窄形成用層107を、400℃程度の水蒸気雰囲気下さらす。この工程により、AlAs層が周縁部から内側へと酸化されていき、絶縁体である酸化アルミニウムが形成される。すなわち、電流狭窄形成用層107が周縁部から酸化され

(7)

11

て、図8に示されるように、酸化アルミニウムを含む電流狭窄層111と、外周部を電流狭窄層111で囲まれた電流流域層107b（電流狭窄形成用層107のうち電流狭窄層111に変換されなかった部分）とが形成される。以上により、半導体基板101上に共振器120が形成される。

【0051】次いで、モノシランを原料としたCVD法により、柱状部110の側面の一部および下部ミラー102の上面に、シリコン酸化膜（ SiO_x 膜）からなる絶縁層（図示せず）を形成する。絶縁層の種類はシリコン酸化膜に限定されるものではなく、窒化シリコン膜（ SiN_x 膜）などの他の絶縁膜を用いてもよい。あるいは、ポリイミド等の樹脂材料を用いた埋め込み構造を用いてもよい。続いて、上部ミラー117の上面に、真空蒸着法により金と亜鉛との合金からなる合金層（図示しない）を形成する。続いて、フォトリソグラフィ法を用いて前記合金層をパターニングして上部電極113を形成し、さらに、半導体基板101の裏面（半導体基板101において共振器120を形成する面と反対側の面）に、真空蒸着法により、金とゲルマニウムとの合金からなる下部電極115を形成する。最後に、上記工程により得られた構造体を350℃で加熱処理し、上部電極113と共振器120と下部電極115とをオーミック接触させる。以上の工程により、図1に示すように、柱状部110の中央部に形成された第1ミラー部114と、第1ミラー部114の外周に形成された第2ミラー部108とを含む上部ミラー117が形成される。以上のプロセスを経て、図1に示される面発光レーザ100が得られる。

【0052】（デバイスの構造）前述の製造プロセスにより得られた面発光レーザ100を図1に示す。図1は、図2のA-A線に沿って切断した断面図である。図2は、図1に示される面発光レーザ100を、レーザ光の出射口に対向する側から見た平面の要部を模式的に示す図である。図4は、図1に示される上部ミラー117を構成する第2ミラー部108部分の拡大断面図である。

【0053】面発光レーザ100は、柱状部110を含む共振器120が半導体基板101上に形成され、共振器120は下部ミラー102、活性層103、および上部ミラー117が積層されて形成されている。柱状部110の上面には、金と亜鉛との合金からなる上部電極113が形成されている。また、半導体基板101において、共振器120が形成されている面と反対側の面には、金とゲルマニウムとの合金からなる下部電極115が形成されている。

【0054】上部ミラー117は、第1ミラー部114および第2ミラー部108を含み構成される。第1ミラー部114は柱状部110の中央部に形成され、第2ミラー部108は第1ミラー部114の外周に形成され、

12

第1ミラー部114は第2ミラー部108よりも反射率が高い。第1ミラー部114および第2ミラー部108は、前述の製造プロセスにより、半導体堆積層117aから形成されたものであり、いずれも、第1半導体層117xおよび第2半導体層117yの2種の薄膜が25ペア交互に積層されて形成されている。これにより、第1ミラー部114および第2ミラー部108は、屈折率が異なる2種類の反射鏡（第1半導体層117xおよび第2半導体層117y）が定在波の波長 λ の1/4の厚さで積層された、いわゆるブラッグ反射鏡となり、光吸収が少なく高い反射率を有する反射鏡としての機能を有する。図4は第2ミラー部108の断面を示したものであり、第1ミラー部114は、第2ミラー部108のうち最上層である反射率調整層104の膜厚が共振器120に形成される定在波の波長 λ の1/4に形成されている部分（凹部104b）を含む点を除いて、第2ミラー部108とほぼ同様の層構造を有する。

【0055】第1ミラー部114および第2ミラー部108を構成する第1半導体層117xおよび第2半導体層117yはそれぞれ、前述した半導体堆積層117aにおける第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayに相当する。したがって、第1半導体層117xおよび第2半導体層117yはそれぞれ第1半導体層117axおよび第2半導体層117ayと同様に、ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、かつ第1半導体層117xは第2半導体層117yよりも屈折率が高い。具体的には、図4に示すように、第1半導体層117xおよび第2半導体層117yはいずれも共振器120に形成される定在波の波長 λ の1/4の膜厚を有し、それぞれp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ およびp型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ からなる。

【0056】また、上部ミラー117には、第1ミラー部114から第2ミラー部108にかけて連続する反射率調整層104が形成されている。反射率調整層104は、反ブラッグ反射条件を満たす膜厚を有し、その上面の中央部に、ブラッグ反射条件を満たす深さを有する凹部104bが形成されている。前述したように、反射率調整層104は共振器120に形成される定在波の波長 λ の1/2の膜厚を有し、凹部104bにおいては前記波長 λ の1/4の膜厚を有する。また、反射率調整層104は、前述したように、上部ミラー117を構成する複数の第1半導体層117xおよび第2半導体層117yのうち少なくとも1層が置換されて形成されたものである。図1に示される面発光レーザ100においては、上部ミラー117の最上層に形成された第1半導体層117xの膜厚を前記波長 λ の1/2の膜厚にすることにより、反射率調整層104を形成した場合を示している。

【0057】第1ミラー部114は、反射率調整層104を構成する凹部104bを含む。すなわち、第1ミラ

(8)

13

一部114は、反射率調整層104のうち膜厚が $\lambda/4$ である部分を含む。一方、第2ミラー部108は反射率調整層104のうち凹部104bを除く部分、すなわち反射率調整層104のうち膜厚が $\lambda/2$ である部分を含む。前述したように、第1ミラー部114および第2ミラー部108において反射率調整層104を除く部分はほぼ同様の層構造を有することから、第1ミラー部114の膜厚は、第2ミラー部108の膜厚よりも $\lambda/4$ 小さい。

【0058】さらに、第2ミラー部108には電流狭窄層111が形成されている。電流狭窄層111の内径は、反射率調整層104に形成された凹部104bの径よりも大きくなるよう形成されているのが望ましい。また、電流狭窄層111の中心と凹部104bの中心との距離は1ミクロン以内であることが望ましく、電流狭窄層111の中心と凹部104bの中心が一致していることがより望ましい。

【0059】(デバイスの動作) 本実施の形態にかかる面発光レーザ100の一般的な動作を以下に示す。

【0060】上部ミラー117、活性層103、および下部ミラー102で構成されるpinダイオードに、上部電極113と下部電極115とで順方向の電圧を印加すると、活性層103において、電子と正孔との再結合が起こり、前記再結合による発光が生じる。そこで生じた光が上部ミラー117と下部ミラー102との間を往復する際に誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわると、レーザ発振が起こり、上部電極113の開口部116から半導体基板101に対して垂直方向にレーザ光が射出される。

【0061】(作用および効果) 次に、本実施の形態にかかる面発光レーザ100およびその製造方法における作用および効果を説明する。

【0062】(1) まず、第1ミラー部114の最上層に形成された反射率調整層104の凹部104bの膜厚 t (図17参照) を種々変えて、前述したプロセスによって図1に示す面発光レーザ100と同様の面発光レーザを製造した場合における、得られた面発光レーザの反射率調整層104の凹部104bの膜厚 t と、第1ミラー部114の反射率(%)との関係を図18に示す。図18は、前述したプロセスによって、所定の膜厚を有する反射率調整層104を、エッチングによって凹部104bの膜厚 t が前記波長 λ の $0 \sim 3/4$ になるように形成した場合を示している。なお、ここでは、波長 λ を800nmとして、第1半導体層117x、第2半導体層117y、および反射率調整層104等を形成した場合の結果を示す。

【0063】図18を参照すると、反射率調整層104の凹部104bの膜厚 t が前記波長 λ の $1/4$ である場合に反射率が最も大きくなる。一方、前記膜厚 t が前記波長 λ の $1/2$ である場合に反射率が最も小さくなる。

14

ここで、前記膜厚 $t = \lambda/4$ および $\lambda/2$ となる付近における反射率の変化を比較すると、前記膜厚 $t = \lambda/4$ となる付近においては、前記膜厚 t の値が変化しても反射率はさほど変化しないのに対し、前記膜厚 $t = \lambda/2$ 付近においては、凹部104bの膜厚 t の値が変化すると反射率は大きく変化することがわかった。したがって、凹部104bの膜厚 t を $\lambda/2$ に形成するほうが、凹部104bの膜厚 t を前記波長 $\lambda/4$ に形成するのに比べて、エッチングの際の制御が困難であることがわかる。すなわち、凹部104bの膜厚 t をブラッグの反射条件 $((2n-1)\lambda/4)$ を満たす厚さに形成するほうが、凹部104bの膜厚 t を反ブラッグの反射条件 $(n\lambda/2)$ を満たす厚さに形成するよりも、エッチングの際における制御が容易であるといえる。

【0064】本実施の形態における面発光レーザの製造プロセスにおいては、図6に示すように、膜厚が $\lambda/2$ である反射率調整層104aをエッチングすることにより、反射率調整層104の上面に、 $\lambda/4$ の膜厚を有する凹部104bが形成される。したがって、エッチングの際における制御が容易であるため、製造の際のマージンを大きくすることができる。このため、かかる製造プロセスにより得られた面発光レーザの製造コストを低減することができ、その結果、より廉価な面発光レーザを得ることができる。

【0065】(2) 本実施の形態にかかる面発光レーザ100において、第1ミラー部114は、 $\lambda/4$ の膜厚を有する凹部104bを含む。一方、第2ミラー部108は、反射率調整層104において $\lambda/2$ の膜厚を有する部分を含む。図18に示すように、反射率調整層104の膜厚が $\lambda/4$ であるほうが、当該膜厚が $\lambda/2$ であるよりも反射率が大きくなる。したがって、反射率調整層104において $\lambda/4$ の膜厚を有する部分を含む第1ミラー部114は、反射率調整層104において $\lambda/2$ の膜厚を有する部分を含む第2ミラー部108よりも反射率が大きい。

【0066】面発光レーザにおいては、一般に、反射層の反射率が小さくなるほどレーザ発振が起こりにくくなることが知られている。したがって、第2ミラー部108の領域は第1ミラー部114の領域よりも反射率が小さいため、レーザ発振が起こりにくい。

【0067】ところで、一般に、電流狭窄層を備える面発光レーザでは、レーザ発振時において共振器内の光は、電流狭窄層の内径 d_2 (図1参照) 内に存在している。そして、レーザの最大強度を大きくするためには、電流狭窄層の内径 d_2 を大きくすることが有効であるが、電流狭窄層の内径 d_2 を大きくするとマルチ横モードでの発振が起こりやすくなることが知られている。共振器内における各横モードの光強度分布を比較すると、シングル横モード発振する光の光強度分布は単峰形状を有するのに対し、マルチ横モードで発振する光の光強度

(9)

15

分布は複数のピークを有する。このことから、シングル横モード発振する光は電流狭窄層の内径 d_2 の中心付近に集中するのに対し、マルチ横モードで発振する光のほとんどが電流狭窄層の内径 d_2 の外周寄りに存在する。

【0068】本実施の形態にかかる面発光レーザ100のように、第1ミラー部114の径 d_1 を電流狭窄層107bの径 d_2 より小さくすれば、シングル横モードで発振する光の大部分を第1ミラー部114内に収めることができ、かつ、マルチ横モードで発振する光の大部分を第2ミラー部108の領域で発振させることができる。

【0069】先に述べたように、第2ミラー部108の領域では反射率が低くレーザ発振が起こりにくいため、第2ミラー部108に多く存在するマルチ横モードで発振する光の発振は抑制されることになる。

【0070】このため、本実施の形態にかかる面発光レーザ100においては、マルチ横モードのレーザ発振を抑制することができるので、電流狭窄層の内径 d_2 を大きくすることによって高出力化を図る場合でもシングル横モードのレーザ発振だけを得ることができる。

【0071】(第2の実施の形態)
(デバイスの構造) 図9は、本発明の第2の実施の形態にかかる面発光レーザ200を模式的に示す断面図である。

【0072】第2の実施の形態にかかる面発光レーザ200は、反射率調整層204が上部ミラー217の最上層から3番目に形成されていることを除き、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100とほぼ同様の構成を有する。

【0073】本実施の形態にかかる面発光レーザ200においては、反射率調整層204上に、1組の第1半導体層117xおよび第2半導体層117yが1ペア交互に積層されて、上部ミラー217が形成される。すなわち、反射率調整層204は最上層から3層目に形成される第1半導体層117xの膜厚を、共振器220内に存在する定在波の波長 λ の $1/2$ にすることにより形成されたものである。

【0074】(デバイスの製造プロセス) 第2の実施の形態にかかる面発光レーザ200の製造方法は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法と基本的には同じである。具体的には、図4に示す面発光レーザ100の製造工程において、25ペアの第1半導体層117xおよび第2半導体層117yの最上層を反射率調整層104aに置き換えて形成するかわりに、26ペアの第1半導体層117xおよび第2半導体層117yからなる半導体堆積層(図示せず)を形成する際に、最上層から3層目の第1半導体層117xを前記波長 λ の $1/2$ の膜厚を有する反射率調整層204に置き換えて形成し、続いて図6に示す面発光レーザ100の製造工程において、上部ミラー217の上面から反射率調整

16

層204の途中までエッチングする。以上により、前記波長 λ の $1/4$ の膜厚を有する凹部204aを、反射率調整層204に形成する。ここで、反射率調整層204上には1ペアの第1半導体層117xおよび第2半導体層117yが形成されていることから、反射率調整層204に凹部204aを形成することにより、第1ミラー部214と第2ミラー部208との膜厚の差は $3\lambda/4$ となる。この後の工程は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100とほぼ同様である。よって、説明は省略する。

【0075】(デバイスの動作、作用および効果) 第2の形態にかかる面発光レーザ200の動作は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の動作と同様である。よって、その説明を省略する。

【0076】また、第2の実施の形態にかかる面発光レーザ200の作用および効果は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の作用および効果とほぼ同様であり、さらに、以下の効果を有する。

【0077】第2の実施の形態にかかる面発光レーザ200においては、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100と比較して、反射率調整層204がより活性層103に近い側に形成されているため、反射率調整層204が活性層103に与える効果をより大きいものとすることができる。すなわち、反射率調整層204によって第1ミラー部214と第2ミラー部208との間の反射率の差をより大きくすることができるため、マルチ横モードで発振するレーザ光の発振を抑制することができ、シングル横モードで発振するレーザ光をより多く得ることができる。

【0078】(第3の実施の形態)

(デバイスの構造) 図10は、本発明の第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300を模式的に示す断面図である。

【0079】第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100とほぼ同様の構成を有するが、上部ミラー317を構成する第2ミラー部308が誘電体層106を含む点で面発光レーザ100と異なる。誘電体層106は反射層であり、第2ミラー部308の一部を構成する。すなわち、本実施の形態においては、25ペアの第1半導体層117xおよび第2半導体層117yと、1ペアの誘電体層106とから第2ミラー部308が構成されている。

【0080】第2ミラー部308において、誘電体層106は反射率調整層104a上に形成され、かつ、屈折率が異なる2種の層から構成される。図10においては、誘電体層106は第1誘電体層106aおよび第2誘電体層106bからなり、第2誘電体層106bは第1誘電体層106aよりも屈折率が高い。

【0081】本実施の形態においては、第1誘電体層1

(10)

17

06aとして酸化シリコンを、第2誘電体層106bとして酸化タンタル(Ta_2O_5)を用いた場合を示す。あるいは、第1誘電体層106aは、たとえばフッ化マグネシウム、フッ化バリウム、フッ化カルシウム、フッ化リチウム、およびフッ化ナトリウム等を用いて形成することができる。また、第2誘電体層106bは、酸化チタン、酸化ジルコニウム、アモルファスシリコン、硫化亜鉛、および酸化セリウム等を用いて形成することができる。なお、本実施の形態においては、1ペアの誘電体層106を用いた場合を示したが、誘電体層106を複数積層することもできる。

【0082】(デバイスの製造プロセス)次に、本実施の形態にかかる面発光レーザ300の製造方法の工程について説明する。図11~13は、本実施の形態にかかる面発光レーザ300の製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【0083】第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300の製造方法は、半導体堆積層117aの上面に誘電体層106を積層する点以外は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法と基本的には同じである。具体的には、図4に示す第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造工程において、半導体堆積層117aの上面に誘電体層106(第1誘電体層106aおよび第2誘電体層106b)を積層する(図11参照)。ついで、図12に示すように、レジスト層503を形成した後、フッ素系ガスを用いたドライエッチング法などにより、誘電体層106をエッチングする。続いて、図13に示すように、誘電体層106の上面から反射率調整層104aの途中までエッチングすることにより、前記波長 λ の $1/4$ の膜厚を有する凹部104bを反射率調整層104aに形成する。この後の工程は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100とほぼ同様である。よって、説明は省略する。

【0084】(デバイスの動作、作用および効果)第3の形態にかかる面発光レーザ300の動作は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の動作と同様である。よって、その説明を省略する。

【0085】また、第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300の作用および効果は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の作用および効果とほぼ同様であり、さらに、以下の効果を有する。

【0086】第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300においては、第2ミラー部308が誘電体層106を含むことにより、第1ミラー部314と第2ミラー部308との間の反射率の差をより大きくすることができるため、マルチ横モードで発振するレーザ光の発振を抑制することができ、シングル横モードで発振するレーザ光をより多く得ることができる。

【0087】(第4の実施の形態)

(デバイスの構造)図14は、本発明の第4の実施の形

18

態にかかる面発光レーザ400を模式的に示す断面図である。

【0088】第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400は、第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300とほぼ同様の構成を有する。特に、本実施の形態にかかる面発光レーザ400は、上部ミラー417を構成する第2ミラー部408が誘電体層206を含む点において第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300と同様であるが、さらに第1ミラー部414も第2ミラー部408と同様に誘電体層206を含む点において、第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300と異なる。すなわち、本実施の形態においては、第1ミラー部414および第2ミラー部408が、23ペアの第1半導体層117xおよび第2半導体層117yと1ペアの誘電体層206とから構成されている。

【0089】誘電体層206は、第3の実施形態と同様に、屈折率が異なる2種の層(第1誘電体層206aおよび第2誘電体層206b)から構成される206から構成される。本実施の形態においては、第1誘電体層206aおよび第2誘電体層206bには、それぞれ、第3の実施形態における絶縁体層106を構成する第1誘電体層106aおよび第2誘電体層106bと同様の材料を用いた場合を示す。また、本実施の形態においては、1ペアの誘電体層206を用いた場合を示したが、上部ミラー417の上面に誘電体層206を複数積層することもできる。

【0090】(デバイスの製造プロセス)次に、本実施の形態にかかる面発光レーザ400の製造方法の工程について説明する。図15、16は、本実施の形態にかかる面発光レーザ400の製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【0091】第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400の製造方法は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法と基本的には同じであり、面発光レーザ100と同様の構造に対してさらに誘電体層206を付加したものである。具体的には、図4~8に示す工程によって得られ、23ペアの第1半導体層117xおよび第2半導体層117yを含む面発光レーザに対して、柱状部110の外周部および下部ミラー102上にレジスト層504を形成する(図15参照)。ついで、例えばEB蒸着あるいはイオンプレーディング法等を用いて、上部ミラー117上面に1ペアの誘電体層206(第1誘電体層206aおよび第2誘電体層206b)を積層する(図16参照)。ついで、リフトオフ法を用いてレジスト層504を除去する。以上の工程により、第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400が得られる。

【0092】(デバイスの動作、作用および効果)第4の形態にかかる面発光レーザ400の動作は、第1の実施の形態にかかる面発光レーザ100の動作と同様であ

(11)

19

る。よって、その説明を省略する。

【0093】また、第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400の作用および効果は、第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300の作用および効果とほぼ同様であり、さらに、以下の効果を有する。

【0094】第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400においては、第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300と同様、第2ミラー部408が誘電体層206を含むうえに、第1ミラー部414にも誘電体層206が形成されている。これにより、第1ミラー部414と第2ミラー部408との間の屈折率の差がさらに大きくなる。その結果、第1ミラー部414と第2ミラー部408との間の反射率の差をさらに大きくすることができるため、マルチ横モードで発振するレーザ光の発振を抑制することができ、シングル横モードで発振するレーザ光をさらに多く得ることができる。

【0095】また、第1ミラー部414および第2ミラー部108に誘電体層206が形成されているため、積層する第1半導体層117x、第2半導体層117yの層数を少なくしても、レーザ光を十分に発振させることができる。

【0096】さらに、第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400を、リフトオフ法を用いて形成することができるため、誘電体層206を容易に形成することができる。

【0097】なお、上記の実施の形態において、各半導体層におけるp型とn型とを入れ替えても本発明の趣旨*

20

*を逸脱するものではない。上記の実施の形態では、Al-Ga-As系のものについて説明したが、発振波長に応じてその他の材料系、例えば、In-P系、In-Al-As系、Ga-In-As系、Ga-In-N系、Al-Ga-In-P系、Ga-In-N-As系、Al-Ga-In-As系、Ga-In-As-P系等の半導体材料を用いることも可能である。

【0098】また、上記の実施の形態における面発光レーザの駆動方法は一例であり、本発明の趣旨を逸脱しない限り、種々の変更が可能である。また、上記の実施の形態では、柱状部が一つである面発光レーザを示しているが、基板面内で柱状部が複数個あっても本発明の形態は損なわれない。

【0099】(実験例) 面発光レーザの第1ミラー部、第2ミラー部の反射率を直接評価することは困難であるため、前述した第1～第4の実施の形態にかかる面発光レーザ100、200、300、400それぞれの上部ミラーの第1ミラー部および第2ミラー部と同様の積層構造についてシミュレーションにより反射率の計算を行った。各構造は波長800nmで設計し、波長800nmにおける反射率を評価した。各実施の形態それぞれにおける第1ミラー部の反射率 R_1 (%)、第2ミラー部の反射率 R_2 (%)、および第1ミラー部と第2ミラー部との反射率の差 ΔR (%)を表1に示す。

【0100】

【表1】

	面発光レーザ 100	面発光レーザ 200	面発光レーザ 300	面発光レーザ 400
R_1 (%)	99.9	99.9	99.9	99.9
R_2 (%)	98.7	98.29	97.71	96.04
ΔR (%)	1.2	1.61	2.19	2.86

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す図である。

【図2】図1に示す面発光型半導体レーザを、レーザ光の出射口に対向する側から見た平面の要部を模式的に示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第1の工程を模式的に示す断面図である。

【図4】図1に示される面発光型半導体レーザにおいて、上部ミラーを構成する第2ミラー部の拡大断面図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第2の工程を模式的に示す断面図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第3の工程を模式的に示す断面

図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第4の工程を模式的に示す断面図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第5の工程を模式的に示す断面図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す図である。

【図10】本発明の第3の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第1の工程を模式的に示す断面図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第2の工程を模式的に示す断面図である。

(12)

21

【図13】本発明の第3の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第3の工程を模式的に示す断面図である。

【図14】本発明の第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す図である。

【図15】本発明の第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第1の工程を模式的に示す断面図である。

【図16】本発明の第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の第2の工程を模式的に示す断面図である。

【図17】図1に示す面発光型半導体レーザと同様のプロセスにて製造され、図1に示す面発光型半導体レーザとほぼ同様の構成を有する面発光型半導体レーザに形成された第1ミラー部の断面構造を示す図である。

【図18】図1に示す面発光型半導体レーザと同様の面発光型半導体レーザを、前述したプロセスにより製造した場合における、製造された面発光型半導体レーザの反射率調整層の凹部の膜厚と、第1ミラー部の反射率(%)との関係を示す図である。

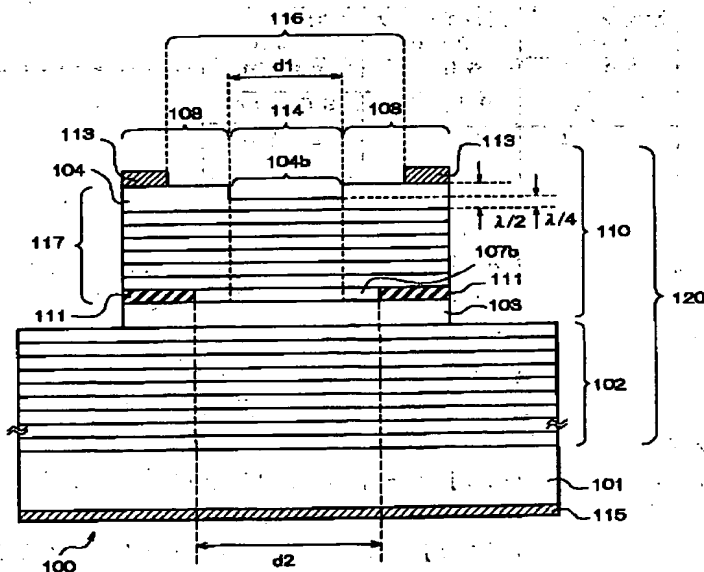
【符号の説明】

100, 200, 300, 400 面発光型半導体レーザ
101 半導体基板

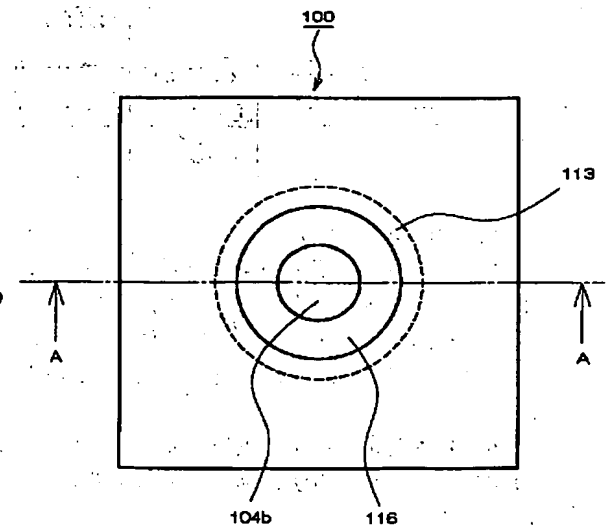
22

102 下部ミラー
103, 103a 活性層
104, 104a, 204, 204a 反射率調整層
104b, 204b 凹部
106, 206 誘電体層
106a, 206a 第1誘電体層
106b, 206b 第2誘電体層
107, 107a 電流狭窄形成用層
107b 電流流域層
108, 208, 308, 408 第2ミラー部
108ax, 108x 第1半導体層
108ay, 108y 第2半導体層
110, 210, 310, 410 柱状部
111 電流狭窄層
113 上部電極
114, 214, 314, 414 第1ミラー部
115 下部電極
116, 216, 316, 416 開口部
117, 217, 317, 417 上部ミラー
117a 半導体堆積層
120, 220, 320, 420 共振器
150 堆積層
500, 501, 502, 503, 504 レジスト層

【図1】

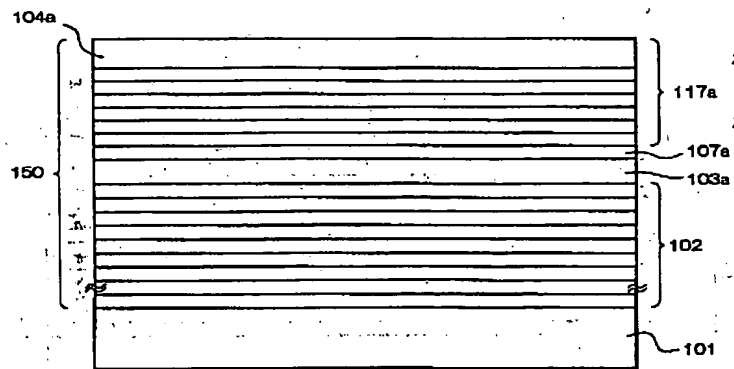


【図2】

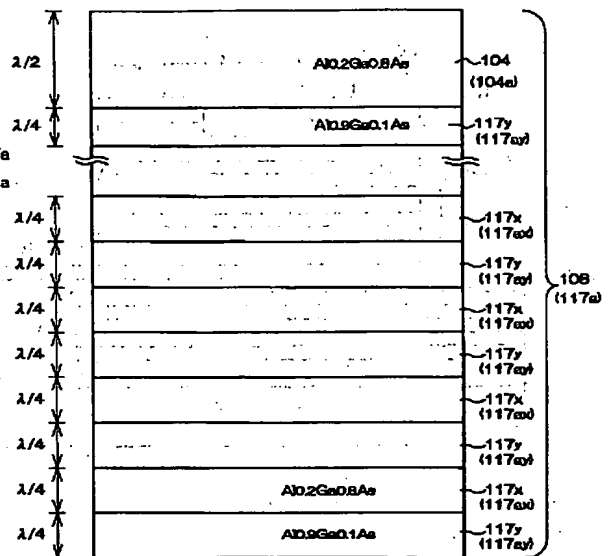


(13)

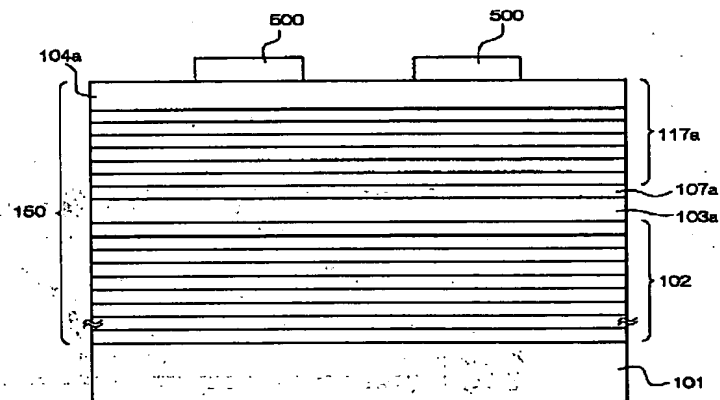
【図3】



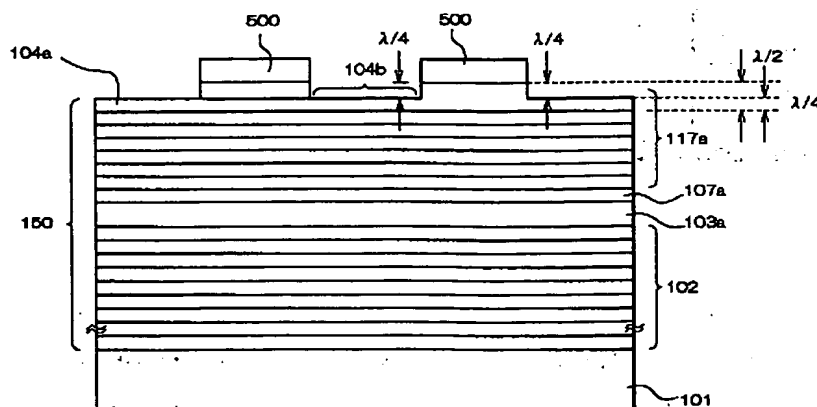
【図4】



【図5】

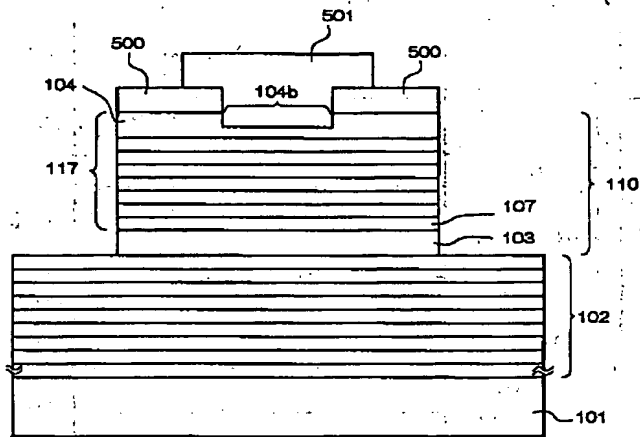


【図6】

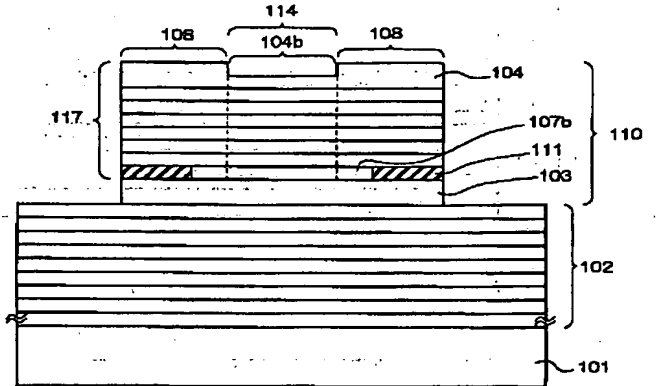


(14)

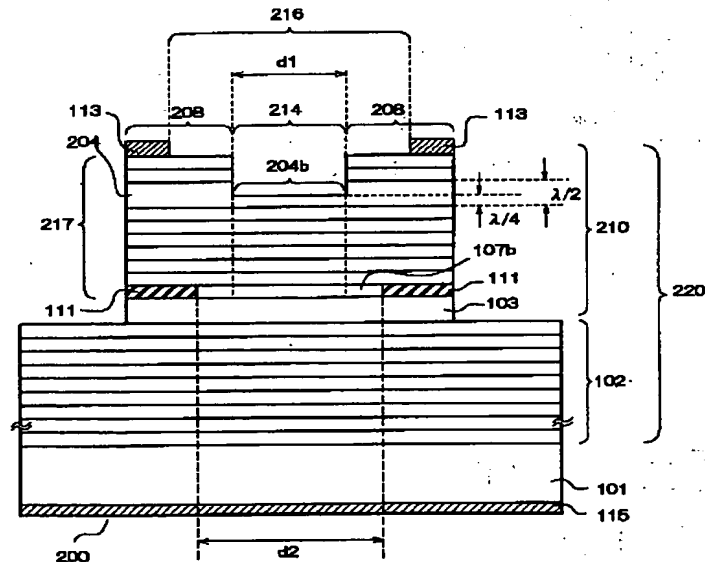
【図7】



【図8】

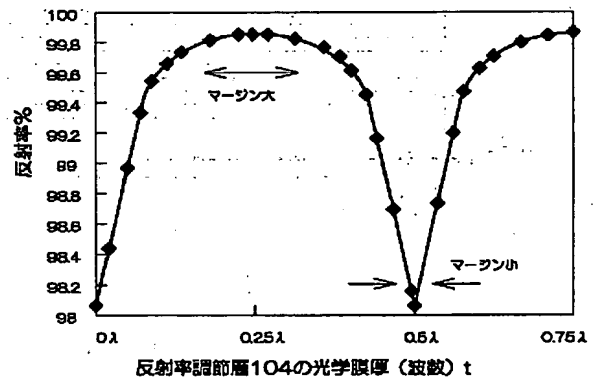


【図9】



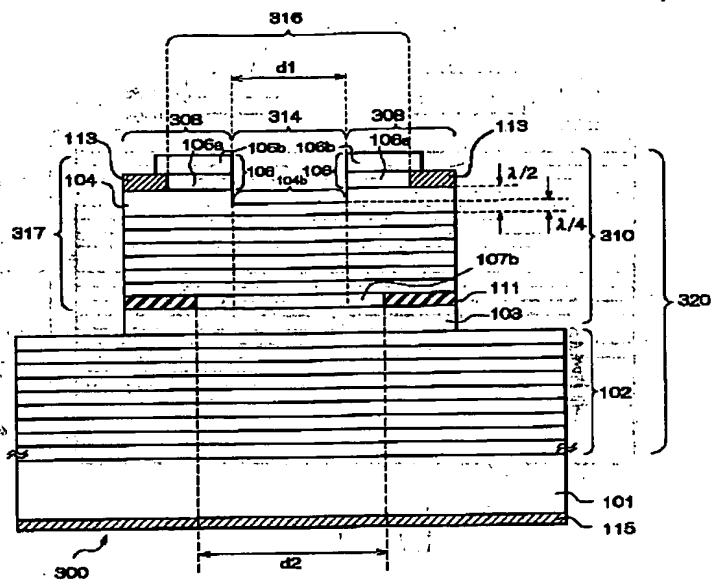
【図18】

反射率調節層104の膜厚を変化させたときの
第1ミラー部の反射率の変化

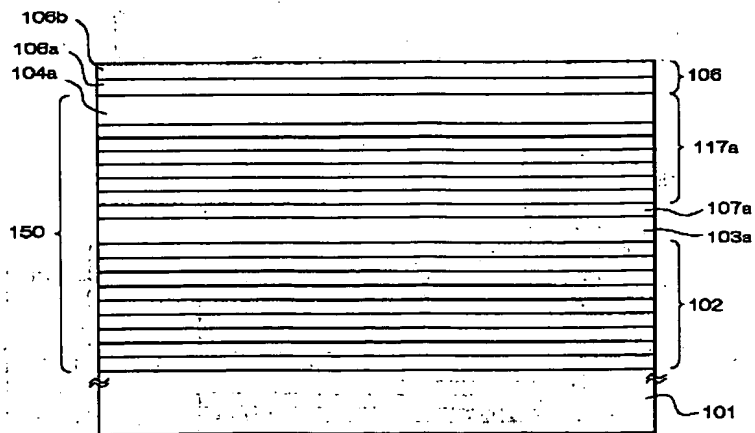


(15)

【図10】

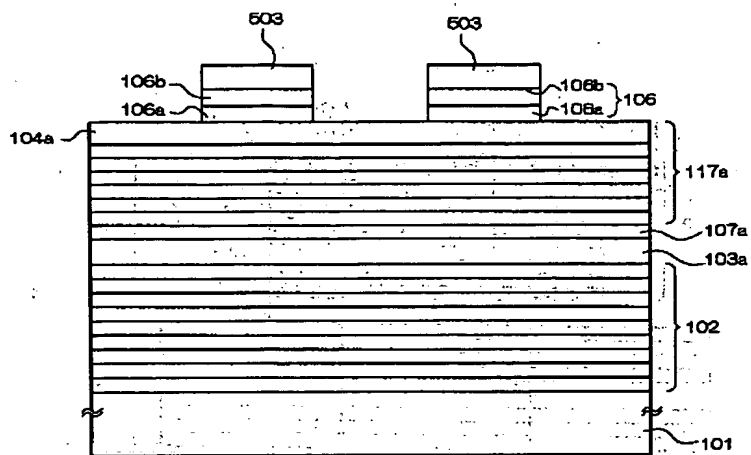


【図11】

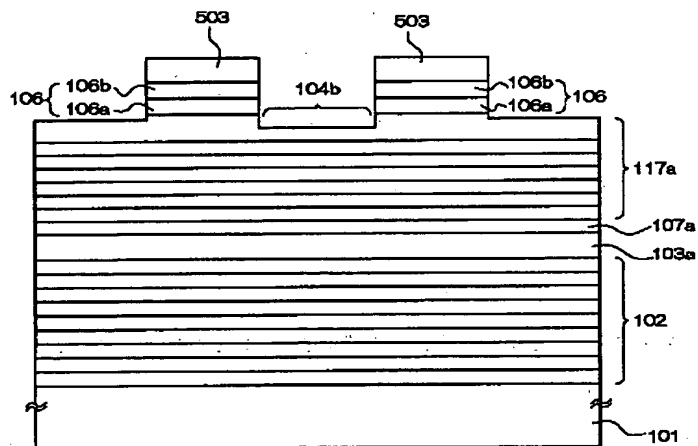


(16)

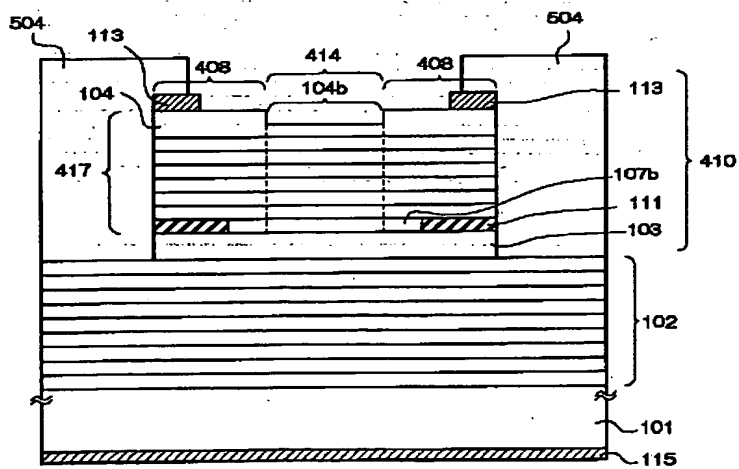
【図12】



【図13】

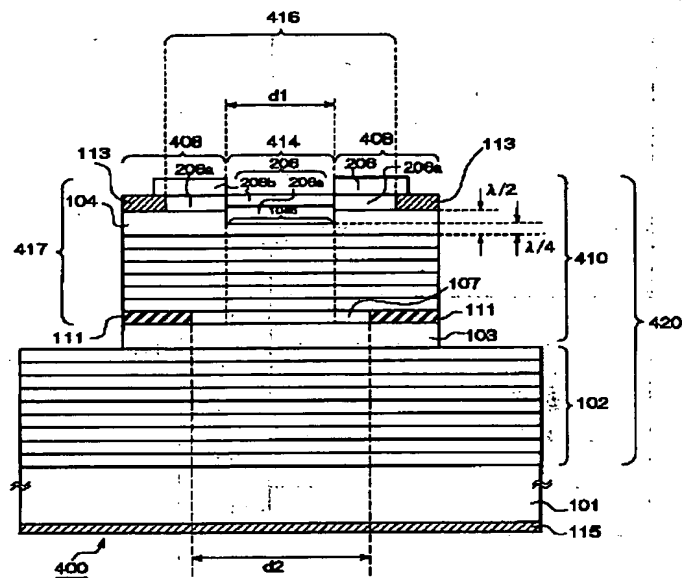


【図15】

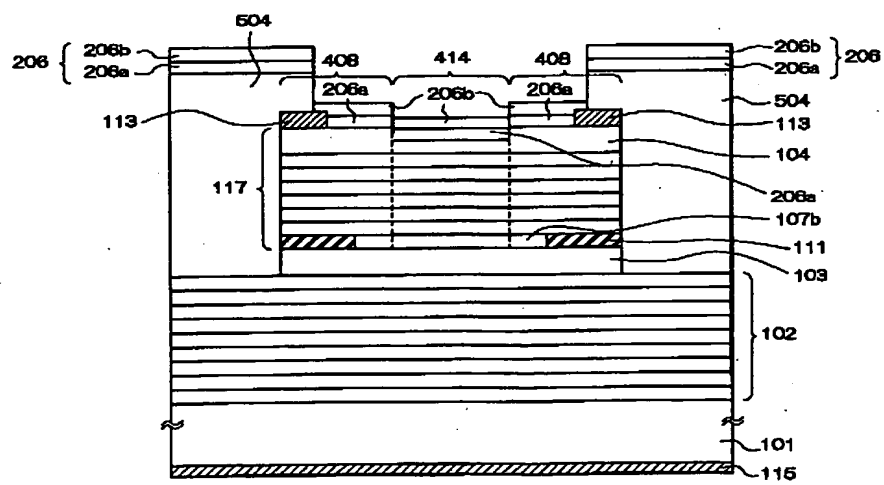


(17)

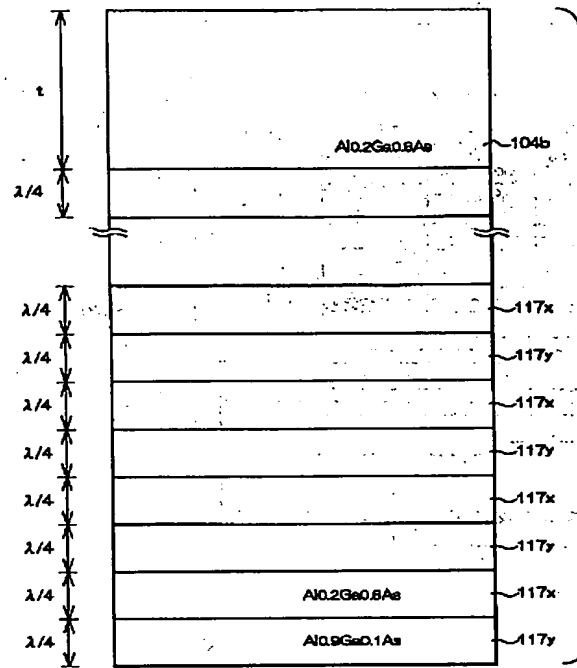
【図 14】



【图 1.6】



【図 17】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.